Naturwissenschaftliche Volksbücher.

Band XI.

Aus dem Reiche der Naturwissenschaft

von

A. Bernstein.

Band V.

Aus dem Reiche

der

Naturwissenschaft.

Für

Jedermann aus dem Volke

von

A. Bernstein.

Fünfter Band.

Von den geheimen Naturkräften. II.

Berlin.
Verlag von Franz Duncker.
(W. Besser's Verlagshandlung.)
1855.

Inhaltsverzeichniß.

Von den geheimen Naturkräften. II.

I. Die verschiedenen elektrischen Batterien.

Indem wir von den Wirkungen der elektromagnetischen Kraft nunmehr einen kleinen Umriß gegeben haben, wollen wir uns zu einer andern Wirksamkeit des elektrischen Stromes wenden; wir müssen jedoch zuvor noch mit einigen Worten auf einen Hauptpunkt aufmerksam machen, den wir des leichtern Verständnisses halber bisher absichtlich vermieden haben.

Wir haben bisher immer von den elektrischen Strömen gesprochen, die in einer aus Kupfer und Zink gebildeten Säule, die man die Voltaische Säule nennt, hervorgerufen werden. In der That aber ist solch eine Säule durch die Fortschritte der Wissenschaft ganz außer Gebrauch gekommen.

Die Voltaische Säule hat schon in ihrer Aufstellung viel Unbequemlichkeit und ist in ihrer Wirkung außerordentlich unbeständig. Die feuchten Scheiben, die man zwischen jedes Plattenpaar legen muß, werden von den darüber liegenden Platten gepreßt, so daß sie zu schnell trocken werden und die Elektrizität nicht leiten. Außerdem fließt das Wasser über alle Platten hinab und bildet so eine Nebenleitung der Elektrizität, wodurch viel von der

Kraft verloren geht. Endlich ist die Wirkung im Verhältniß zu den Kosten zu gering und außerdem steht die Summe der elektrischen Kraft, die sie entwickelt, mit den mannigfachsten Zwecken, zu welchen sie verwendet wird, nicht immer im richtigen Maße.

Man hat deshalb schon seit längerer Zeit andere Apparate in Gebrauch, die bequemer, billiger und je für den bestimmten Zweck wirksamer sind; so daß in der That zu den meisten von uns angeführten Versuchen die Voltaische Säule unpraktisch geworden ist.

Die Apparate, die man jetzt in Gebrauch hat, sind je nach dem Zwecke verschieden, sie beruhen aber alle auf dem Prinzip, daß man zwei Stoffe oder Metalle, die bei ihrer Berührung Elektrizität entwickeln, in leitende Verbindung setzt und außerdem zwei Drähte an dieselben befestigt, die, wenn man deren Enden an einander bringt, die Kette schließen und den elektrischen Strom zirkuliren lassen.

Um sich eine einfache Kette dieser Art selbst zusammenzustellen, braucht man nur ein Stück Kupferblech und ein Stück Zinkblech so in ein gewöhnliches Trinkglas zu stellen, daß sich die Metalle nicht berühren. Oben löthet man an jedes Metall ein Stück Draht an, und gießt das Glas voll Wasser, worin ein wenig Schwefelsäure gemischt ist. Schon solch ein einfacher Apparat ist eine Quelle eines elektrischen Stromes. Der Draht am Zinkstück ist der positive Pol, der am Kupferstück ist der negative Pol, und bringt man diese Pole in Berührung, so läßt sich durch Instrumente, von denen wir sogleich sprechen werden, die elektrische Strömung sehr stark erkennen.

Diesen einfachen Apparat kann man außerordentlich verstärken, wenn man mehrere Gläser mit gleichen Metall-Stücken neben einander stellt und immer das Stück Zink

des einen Glases und das Stück Kupfer des andern Glases durch einen angelötheten Metalldraht verbindet; dadurch entsteht eine ganze Batterie, die, wenn sie recht zahlreich ist, von ganz außerordentlicher Wirksamkeit sich zeigt.

Eine eigene Art von Apparat erhält man, wenn man eine sehr dünn gewalzte lange Zinkplatte auf den Tisch legt, darauf eine Platte Tuch, auf diese wiederum eine sehr dünn gewalzte Platte Kupfer bringt und diese ganze Lage so wie sie ist auf ein Stück Stock von Holz aufrollt. Bringt man dann diesen mit Zink, Kupfer und Tuch umwickelten Stock in ein Gefäß mit angesäuertem Wasser und führt zwei Drähte aus den aufgerollten Metallen heraus, so bilden diese eigentlich die Pole eines einzigen sehr großen Plattenpaares, das aber wegen seiner Größe so wirksam ist, daß man mit solchem Apparat am besten die Glüh-Erscheinungen von Metalldrähten zeigen kann. —

Diese sehr einfachen Apparate sind jedoch dadurch sehr unbrauchbar, daß das angesäuerte Wasser sofort chemisch auf das Zink einwirkt und dieses auflöst. Die Ketten dieser Art wirken daher anfangs sehr stark, verlieren aber sofort mehr und mehr von ihrer Kraft, so daß ihr Gebrauch kostspielig und unsicher ist.

Man hat deshalb darauf gesonnen, beständigere, das heißt, weniger den Veränderungen ausgesetzte Ketten herzustellen und dies ist am besten gelungen in der Bunsenschen Batterie, die nicht aus Zink und K u p f e r, sondern aus Zink und K o h l e zusammengesetzt ist.

Man muß es nämlich wissen, daß nicht etwa Zink nur in Berührung mit Kupfer elektrische Trennung bewirkt, sondern daß Zink in Berührung mit Kohle noch weit stärker in der Wirkung ist. Um recht haltbare Kohle der Art zu erhalten, wird diese eigends hierzu aus aus-

gebranntem Koaks und fetter Steinkohle zusammengerieben, geformt und gebrannt, wodurch sie bei gehöriger Behandlung sehr hart wird. — Man macht nun einen Kohlen-Zylinder, den man in ein Glas stellt. In diesen Zylinder setzt man einen Becher aus gebranntem Thon, und in diesen Becher einen Zink-Kolben. In das Glas gießt man wasserfreie Salpetersäure, während man in den Thonbecher Wasser, mit etwas Schwefelsäure versetzt, thut. Ein Paar Drähte, die von der Kohle und vom Zink hergeleitet werden, sind nun die Pole dieser Kette, durch deren Schließung sichere und keiner bedeutenden Veränderung unterworfene Strömungen von Elektrizität hervorgerufen werden.

In geringen Abänderungen ist die Bunsensche Kette sehr geeignet, zu einer ganzen Batterie mehrerer solcher Ketten verbunden zu werden und ihre Wirkung ist so vortrefflich, daß man meist jetzt mit solchen arbeitet.

Indem wir nunmehr im nächsten Artikel ein neues Feld der Wirksamkeit elektrischer Ströme betrachten wollen, müssen wir zuvor unsere Leser noch mit einem einzigen wichtigen Instrument bekannt machen und bitten um ihre Aufmerksamkeit hierfür mit der Versicherung, daß gerade dieser Zweig der elektrischen Wirksamkeit vielleicht das Bedeutsamste ist, das die neuesten Forschungen hervorgebracht haben.

II. Wie man die Stärke elektrischer Ströme messen kann.

Das Thema, zu dem wir uns jetzt wenden wollen, ist die *thierische Elektrizität* und das Instrument, das wir vorher noch unsern Lesern vorführen müssen, ist

der Elektrizitäts-Messer, das heißt: ein Instrument, mit welchem man die Stärke der Elektrizität messen kann.

Im Großen kann man die Elektrizität durch Schätzung messen. Eine Elektrisirmaschine wird geschätzt nach der Länge ihrer Funken. Man braucht nur Elektrisirmaschinen in Bewegung zu setzen, die Sammelkugeln zu laden, und mit dem Knöchel des Fingers denselben nahe zu kommen, um zu sehen, daß die eine erst einen Funken giebt, wenn man den Knöchel bis auf einen Zoll der Kugel nähert, während eine andere schon in der Entfernung von zwei, drei, vier oder noch mehr Zoll einen Funken überspringen läßt. Ja, es giebt Elektrisirmaschinen, wie z. B. die von Winter in der polytechnischen Schule zu Wien und die von Van Marum in Harlem, aus welchen man vermittelst geeigneter Funkenzieher vier Fuß lange Funken ziehen kann.

Die galvanische oder strömende Elektrizität schätzt man ebenfalls im Großen nach ihren Wirkungen. Bei der einen Kette findet man, daß sie nur einen dünnen und kurzen Draht zu glühen im Stande ist, während bei der anderen schon ein dickerer und längerer ins Glühen geräth.

Allein bei den Versuchen, die wir jetzt vorführen wollen, spielt ein oft sehr feiner Strom, der sich nicht so leicht abschätzen läßt, seine große Rolle, und deshalb ist ein feineres Instrument zur Messung nöthig; ein Instrument, das auch zugleich anzeigt, ob man es mit einem Strom negativer oder positiver Elektrizität zu thun hat.

Wir haben bereits erwähnt, daß wenn man eine Magnetnadel, welche auf einem feinen Stift hin und her balanciren kann, sich selbst überläßt, sich die eine Spitze des Magneten nach Norden, die andere nach Süden stellt. Bringt man eine solche Magnetnadel in eine Schachtel mit Glasdeckel, so hat man einen gewöhnlichen

Kompaß. Wie man auch solchen Kompaß drehen mag, der Magnet wird seine Lage nicht ändern und immer nach Nord und Süd zeigen. Ganz anders aber ist es, wenn man solchen Kompaß in die Nähe eines Drahtes bringt, durch welchen ein elektrischer Strom hindurchgeht. Gesetzt man legt den Draht auch von Nord nach Süd, so daß er in ganz gleicher Lage mit dem Magneten sein müßte, so stellen sich beim Annähern des Kompasses an den Draht folgende Erscheinungen heraus.

Hält man den Kompaß über den Draht, so lenkt die Nadel von ihrer Richtung ab und ihr Nordpol stellt sich nach Osten hin; hält man den Kompaß unter den Draht, so lenkt die Nadel gleichfalls von ihrer Richtung ab, aber der Nordpol stellt sich nach Westen hin.

Ueber den Grund dieser Erscheinung ist man nicht vollkommen sicher, wie denn überhaupt die Elektrizität und der Magnetismus noch zu den für uns geheimnißvollen Kräften der Natur gehören. Wir wollen uns deshalb enthalten, Theorien, wenn sie auch höchst interessant und reizend für den denkenden Menschen sind, hier vorzuführen und uns mit der Thatsache begnügen, daß es so ist, denn aus der Thatsache selbst sind vorerst glänzende Resultate genug an das Tageslicht getreten.

Die Ablenkung der Magnetnadel ist also an sich schon eine gute Prüfung, ob überhaupt ein Strom in einem Drahte vorhanden ist, und Viele, die solche Ströme gewerblich benutzen, z. B. alle diejenigen, die sich mit galvanischer Vergoldung und Versilberung beschäftigen, bedienen sich eines solchen Kompasses, um zu sehen, ob ihr Apparat in Thätigkeit ist, was sie mit bloßem Auge nicht unterscheiden könnten, da sie zu ihrem Gewerbe nur sehr schwache Ströme brauchen.

Zu wissenschaftlichen weiter gehenden Versuchen ist

jedoch eine bedeutende Verfeinerung des Instruments nöthig. Zu diesem Zwecke bringt man einen solchen Kompaß, der außerordentlich fein gearbeitet sein muß, in der Mitte eines aufrecht stehenden breiten Ringes von Messing an. Man stellt nun den Ring, der an einem Gestell angebracht ist, so, daß er mit beiden Krümmungen nach Nord und Süd zeigt oder richtiger, daß seine Ebene mit der des Magneten in gleicher Richtung ist. Läßt man nun durch den Ring, der unten am Gestell in zwei gesonderte Streifen ausläuft, einen elektrischen Strom hindurch, das heißt, bringt man die beiden Enden des Ringes mit den zwei Polen einer galvanischen Kette in Berührung, so entsteht in der Magnetnadel eine Art geheimnißvollen Kampfes. Der Magnetismus der Erde bewirkt, daß die Nadel nach Nord und Süd gerichtet bleibt; der elektrische Strom in dem Ringe aber wirkt dahin, daß die Nadel sich nach Ost und West hinrichtet. Die Nadel also weicht, je nachdem der elektrische Strom stark oder schwach ist, mehr oder weniger von ihrer Lage ab und stellt sich schief zwischen Nordost und Südwest. Je nachdem also die Ablenkung bedeutend ist oder nicht, je nachdem kann man schließen, daß der elektrische Strom stärker oder schwächer ist.

Bei weitem freier und empfindlicher noch wird das Instrument, wenn man die Kompaß-Schachtel selber mit sehr vielen Windungen von umsponnenen Drähten umgiebt und den Strom durch diese Draht-Windungen leitet. Der Strom, der durch so viele Windungen geht, wirkt auf die Nadel noch stärker und es verräth sich selbst eine ganz schwache elektrische Strömung durch die Ablenkung der Magnetnadel. Nun aber ist es eine Eigenthümlichkeit, die wir hier nur flüchtig erwähnen dürfen, daß, je nachdem die Windungen rechts oder links laufen, es sich sogleich aus der Ablenkung der Nadel ergiebt, ob der Strom von

negativer oder positiver Elektrizität ist, indem in dem einen Falle die Nadel nach rechts, in dem andern nach links von der Nord- und Süd-Linie abweicht.

Dieses empfindliche Instrument ist durch große Sorgfalt von dem vorzüglichsten Forscher der thierischen Elektrizität, dem hiesigen Gelehrten Du Bois-Reymond, noch verfeinert worden und durch dieses hat er die herrlichen und vielversprechenden Entdeckungen gemacht, von denen wir nun sprechen wollen.

III. Thierische Elektrizität.

Wenn man sich von dem, was man thierische Elektrizität nennt, in leichter Weise unterrichten will, so thut man gut, auf die Geschichte der Entdeckung einen Blick zu werfen.

Es ist nämlich merkwürdig, daß die erste Entdeckung auf diesem Gebiete, die bereits im Jahre 1786 gemacht wurde, eine dunkle Vorstellung in der Wissenschaft verbreitete, die zu Anfang ungeheueres Aufsehen erregte, daß sie aber dann als eine ganz falsche angesehen wurde und eine große Reihe von Jahren fast ganz unbeachtet blieb, und daß man erst in neuerer Zeit wieder der ersten Entdeckung Gerechtigkeit widerfahren ließ und sie zur Grundlage einer großen Reihe von vorzüglichen Forschungen wichtigster Art machte.

Die Sache verhält sich folgendermaßen.

Im Jahre 1786 kannte man nur die Reibungs-Elektrizität, die wir bereits unsern Lesern vorgeführt haben. Da machte der Professor Ludwig Galvani in Bologna die Entdeckung, daß ein paar Frosch-Schenkel, die er so abgeschnitten hatte, daß sie nur noch an zwei Nervenfäden

mit dem Wirbelknochen zusammenhingen, zu zucken anfingen, so oft er die Schenkel mit einem Kupferdraht berührte, während die Nerven mit Eisen in Berührung kamen, woran der Kupferdraht befestigt war.

Um diesen Hauptversuch deutlicher kennen zu lernen, müssen wir uns denken, daß man einen Streifen Eisen oder Zink mit einem Streifen Kupfer an irgend einer Stelle zusammenlöthet; berührt man nun gleichzeitig mit dem einen Metallende den Nerv, mit dem andern Metallende den Schenkel, so zuckt der Schenkel, als ob noch Leben in ihm wäre.

Und wirklich dachte sich Galvani und behauptete es auch, daß dieses Zucken eine Art Lebenszeichen wäre. Er stellte nämlich die Lehre auf, daß in den Nerven eine Art Lebenskraft oder Flüssigkeit vorhanden sei, die während des Lebens die Bewegungen der Muskeln hervorrufe, zu welchen die Nerven hingehen. Diese Lebensflüssigkeit sei auch kurze Zeit nach dem Tode nicht erloschen und werde wieder erweckt, wenn man sie reize, und die Reizung eben werde durch die Berührung des Metalls hervorgerufen, welches wie ein Leiter hierbei wirke.

Wie es in allen Zeiten mit wichtigen Entdeckungen geht, daß man nämlich ihre Wichtigkeit und Wahrheit meist übersieht und ihre Uebertreibung als die Hauptsache aufnimmt, welche sofort die überspanntesten Köpfe zu den schwindelndsten Hoffnungen hinreißt, so ging es auch hier. Der Gedanke, daß man das große Geheimniß des Lebens in einem Lebenssafte, einer Lebensflüssigkeit vor sich habe, und daß diese Lebensflüssigkeit geweckt, selbst in Leichen erweckt werden könne, dieser Gedanke erregte das höchste Aufsehen und je weiter dieses Aufsehen um sich griff, um so eifriger war die Uebertreibung bemüht, die Phantasie

der neugierigen Menschheit mit neuen Uebertreibungen anzuspannen.

Als es wirklich gar gelang, den Körper eines enthaupteten Verbrechers durch galvanische Reizung — so nannte man nämlich diese nach dem Namen des Entdeckers — zu lebensähnlichen Bewegungen und Zuckungen zu bringen, da war dem Spiel der Phantasie Thür und Thor geöffnet und es ging wie ein Zauberschlag durch die damalige gebildete Welt der Wahn, daß man durch Galvanismus selbst den Tod müsse besiegen können.

Galvani selber hatte freilich nur die Behauptung aufgestellt, daß Nerv und Schenkel des Frosches von einem Lebensstrom gewissermaßen elektrisch geladen seien, wie eine Leidener Flasche, die wir unsern Lesern vorgeführt haben. Er meinte, daß die Berührung der Metalle nur eine Entladung hervorbringe, also eigentlich nur als Leiter wirke. Die Wundersüchtigen der damaligen Zeit dagegen verdunkelten durch ihre Ueberspanntheit diese einfache Anschauung des Professors und wollten alle Räthsel des Lebens durch dieses eine Räthsel, das sie Galvanismus nannten, enthüllt sehen. Und wirklich sie sahen, was sie zu sehen Lust hatten. —

Da trat ein nüchterner Beobachter und Forscher auf, der der Sache eine ganz neue fruchtreichere Wendung gab, und der Gründer einer ganz neuen Reihe der großartigsten Entdeckungen wurde, und dieser bewies, daß das, was Galvani als eine geheime Kraft bezeichnete, die in den Nerven und Muskeln stecke, dort garnicht vorhanden sei, sondern eben in den Metallen erzeugt werde, die sich berühren. Dieser Forscher war Volta, dessen Namen und großartigen Verdienste wir schon oft unsern Lesern vorgeführt haben und der den Lehrsatz aufstellte, daß die Metalle, die Galvani bei seinem Versuch anwandte, nicht blos

Leiter einer Kraft sind, die im Frosche stecke, sondern daß diese Metalle an ihrer Berührungsstelle die Erzeuger der Elektrizität seien. Volta hatte also durch Galvani's Versuche angeregt, etwas ganz Neues entdeckt, nämlich die Berührungs-Elektrizität, deren Wichtigkeit freilich unendlich groß war, und deren Folgen noch jetzt kaum übersehbar sind.

Wunderbar genug folgte nach der Aufreizung, die Galvani's Entdeckung verursachte, eine Zeit, in welcher man, wie man zu sagen pflegt, das Kind mit dem Bade ausschüttete. Was Volta sah und zeigte, war neu und großartig, aber was Galvani gesehen hatte, war darum doch nicht falsch, obwohl man es als Charlatanerie verschrie.

Lange Zeit zog Volta's Entdeckung das Auge der Forscher ganz auf sich; erst der neuesten Zeit war es vorbehalten, zu beweisen, daß Galvani doch nicht völlig fehlgegriffen hatte, und daß eine thierische Elektrizität wirklich existirt, nicht in den Metallen, sondern in Nerven und Muskeln.

Und von dieser wollen wir jetzt sprechen.

IV. Unterschied der metallischen und der thierischen Elektrizität.

Wie bereits erwähnt, hatte Volta's Entdeckung derart die Aufmerksamkeit der Naturforscher in Anspruch genommen, daß man Galvani's Entdeckung außer Acht ließ.

Jetzt, wo Du Bois-Reymond's vorzüglichen Versuche wieder die eigentliche Forschung Galvani's aufgenommen und zu einem außerordentlich wichtigen Zweig der Wissenschaft gemacht haben, jetzt ist es besonders wichtig, sich den

Unterschied zwischen dem was Volta, und dem was Galvani gelehrt, genau zu merken.

Galvani war durch weitere Versuche zu dem Resultat gekommen zu behaupten, daß wirklich ein elektrischer Strom zwischen Nerven und Muskeln hervorgerufen werden könne. Er zeigte dies durch den Versuch, daß wenn man die Nerven eines Frosch-Schenkels mit dem Muskel dieses Schenkels in Berührung bringe, dieser Muskel in Zuckung gerathe. Die Metalle, die er anfangs anwendete, hielt er später für überflüssig, wie sie in Wahrheit auch überflüssig sind. Allein Volta, der diese Anwendung der zwei Metalle für die Hauptsache ansah und durch diese auf die große Entdeckung der Berührungs-Elektrizität geführt wurde, übersah ganz die weitere Entdeckung Galvani's und schrieb jede Zuckung des Muskels dem elektrischen Strome zu, der durch die Berührung der zwei Metalle erzeugt wird.

Wenn wir nun jetzt von der thierischen Elektrizität sprechen wollen und die Zuckungen, die die Elektrizität in Muskeln hervorruft, erwähnen, so muß man sehr streng und genau unterscheiden, ob hier von einer Entdeckung Volta's oder einer Galvani's die Rede ist; und dieser Umstand liegt in Folgendem.

Wir haben es bereits früher erwähnt, daß wenn man die beiden Pole einer Voltaischen Säule gleichzeitig berührt, man eine Erschütterung erhält, die ein Zucken verursacht. Während der Berührung der beiden Pole fühlt man nichts weiter; der Strom zirkulirt nun durch den menschlichen Körper, ohne sich bemerkbar zu machen. Erst wenn man den einen Pol wieder losläßt, also die elektrische Kette wieder öffnet, erhält man einen zweiten Stoß.

Diese Erscheinung ist die Entdeckung Volta's. Dieser Versuch hat mit dem etwaigen elektrischen Zustand unserer

Nerven und Muskeln nichts zu thun. Es ist nur eine Wirkung auf unsere Nerven und Muskeln, die wir hier wahrnehmen; nicht aber eine elektrische Aeußerung der Nerven und Muskeln selber. Der Grund dieser Erscheinung liegt in den Metallen und ihrer Berührung, weshalb wir auch diesen Versuch und diese Zuckungen als Wirkungen des metallischen Galvanismus bezeichnen wollen.

Wir werden aber sehen, daß Galvani ganz Recht hatte, wenn er behauptete, es seien keine Metalle nöthig, um den Frosch-Schenkel zum Zucken zu bringen; es existire ein elektrischer Zustand in Nerv und Muskel, der gleichfalls sich unter gewissen Bedingungen äußere. Da dies nunmehr ganz außer Zweifel gesetzt ist, so hat man jetzt ein ganz neues Feld von Naturforschung vor sich, wo es sich nicht um metallisch erzeugten Galvanismus und seine Wirkung auf Nerv und Muskel, sondern um wirkliche Elektrizität handelt, die in Nerv und Muskel hervorgerufen werden kann, also um wirklichen thierischen Galvanismus.

Wir heben diesen Unterschied zwischen metallischem Galvanismus und seiner physiologischen Wirkung sowie dem wirklichen thierischen Galvanismus und seiner wahrscheinlichen lebensthätigen Aeußerung deshalb so stark hervor, weil eine Vermischung dieser zwei verschiedenen Dinge eine heillose Verwirrung in den Köpfen der Uneingeweihten erzeugt und das Verständniß oft außerordentlich erschwert hat.

Wie bereits erwähnt, hat die eigentliche Durchforschung der thierischen Elektrizität lange Zeit ganz und gar geruht. Zwar hatte Alexander von Humboldt, dessen herrliches Verdienst es ist, die Naturforschung mit großer Vorurtheilslosigkeit getrieben zu haben, Galvani's Behauptung bestä-

tigt gefunden und wäre man auf diesem Wege weiter gegangen, so würde unsere Wissenschaft sicherlich bereits einen Schritt weiter vorgeschritten sein; allein die erstaunlichen Erfolge der Voltaischen Entdeckungen machten die thierische Elektrizität ganz vergessen, bis erst der Zufall eigentlich zu dem früher richtig betretenen Weg zurückführte.

Der italienische Gelehrte Nobili wurde nämlich bei einem Versuche, den er mit dem von uns bereits erwähnten Elektrizitätsmesser machte, von der Erscheinung überrascht, daß wirklich ein Frosch-Schenkel ganz ohne metallische Elektrizität ins Zucken geräth, wenn man zwischen Nerv und Muskel eine Leitung herstellt. Nach ihm nahm ein anderer italienischer Gelehrter, Matteucci, diese Forschung und Untersuchung auf und machte glänzende Entdeckungen auf diesem Gebiete. Allein Matteucci verwirrte das wichtige Thema durch leichtfertig aufgestellte Gesetze und Behauptungen, so daß dieser Zweig des Wissens, der vielleicht der interessanteste und lehrreichste unseres Jahrhunderts genannt werden darf, nicht aufgekommen wäre, wenn nicht unser Mitbürger, der hiesige Naturforscher Du Bois-Reymond mit eben so viel Geist wie strenger Beobachtungsgabe die ganze Arbeit noch einmal vorgenommen und mit eben so viel Verdienst wie Beharrlichkeit in seinen glücklichen neuen Entdeckungen den Grundstein zu dieser neuen Wissenschaft gelegt hätte.

V. Du Bois-Reymond's Versuche.

Die Versuche über thierische Elektrizität werden, wie bereits erwähnt, meist an Frosch-Schenkeln gemacht; aber nicht etwa darum, weil die Natur den Schenkel des Frosches besonders mit einer Eigenschaft begünstigt hat, die

andere Thiere oder die Menschen nicht besitzen, sondern deshalb, weil der Frosch sich durch zwei Eigenschaften besonders zur Anstellung solcher Versuche eignet. Es ist ein kaltblütiges Thier, das überhaupt nicht so schnell stirbt als ein warmblütiges. Der enthauptete Frosch macht noch stundenlang lebensähnliche Bewegungen. Das ausgeschnittene Herz des Frosches wechselt nach Stunden noch in Zusammenziehung und Ausdehnung regelmäßig so ab wie während des Lebens. Der Frosch hat also ein zähes Leben, wie es jede Hausfrau schon wohl bei anderen Thieren bemerkt hat, die kaltes Blut haben, z. B. beim Krebs und beim Aal; und darum lassen sich mit dem Körper des Frosches gut Versuche anstellen. Zweitens ist es eine Thatsache, daß jemehr Kraft die Natur in ein Organ gelegt hat, desto besser sich an ihm die elektrischen Erscheinungen zeigen. Nun ist der Frosch mit Schenkeln begabt, die zum Springen eingerichtet sind, und der Sprung des Frosches ist garnicht klein für die Leibesgröße dieses Thieres. Er springt wohl eine Strecke, die zwanzigmal länger ist als er selber. Im Schenkel also liegt eine bedeutende Kraft zur Bewegung und deshalb ist er auch so vorzüglich zum Studium der Elektrizität.

In Wahrheit also besitzt er nur einen Vorzug für die Untersuchung; während das, was man von dem Muskel eines Frosches berichtet, auch für jeden Muskel jedes andern Thieres, ja jedes Menschen gilt, freilich nur in weit geringerem Maße.

Du Bois-Reymond hat seine Versuche angestellt mit den Muskeln vieler Thiere und auch mit den frischen Muskeln eines Menschen, dem man das Bein abgenommen hatte; die Resultate blieben dieselben, wenn auch die Wirkungen nicht so kräftig waren, wie beim Frosche.

Da aber aus diesen Resultaten hervorgeht, daß die

Thätigkeit der Nerven im lebenden Körper die größte Aehnlichkeit hat mit den Leitern der Elektrizität; da die Nerven alle aus dem Gehirn und seiner Verlängerung, dem Rückenmark, entspringen oder mit demselben in genauer Verbindung stehen; da das Gehirn selber aus zwei sehr scharf getrennten Massen, einer weißen und einer grauen Substanz besteht, die sich höchst wahrscheinlich zu einander verhalten wie zwei Metalle, die in ihrer Berührung oder Einwirkung auf einander Elektrizität hervorrufen; da endlich alle Lebensfähigkeit ihren Sitz im Gehirn der Geschöpfe hat, so führt dieser Zweig der Wissenschaft dahin, daß man nunmehr einen tiefern Blick als bisher in das innere Wesen der Lebensthätigkeit zu werfen vermag, und daß dies ein neu erschlossener Weg zur nähern Erforschung des größten aller Geheimnisse der Natur, zur Erforschung des Lebens selber ist.

Und deshalb mögen unsere Leser die etwas längere Vorbereitung, die wir zu diesem Thema gemacht, entschuldigen und uns verzeihen, wenn wir um besondere Aufmerksamkeit für denselben bitten.

Gehen wir nun auf den Weg der vortrefflichen Forschungen, die Du Bois-Reymond gemacht, so müssen wir es ihm vor allem Dank wissen, daß er klare und übersichtliche Gesetze über die Wirkungen des metallischen Galvanismus auf die Muskeln und Nerven festgestellt hat.

Man wußte es schon lange, daß wenn man die beiden Pole einer galvanischen Säule gleichzeitig berührt und also die galvanische Kette durch den menschlichen Körper geschlossen wird, man im Moment des Schließens einen Schlag fühlt. Läßt man sich dadurch nicht stören und hält die Kette geschlossen, so zirkulirt der elektrische Strom durch den Körper, ohne jedoch fühlbar zu sein. Erst wenn man die Kette unterbricht, also den einen Pol losläßt,

oder den Draht vom Apparat trennt, dann erhält man einen zweiten Schlag.

Man nennt den ersten Schlag den Schließungs-Schlag, den zweiten den Oeffnungs-Schlag.

Du Bois-Reymond hat diese Erscheinung schärfer gefaßt und ein genaueres Gesetz hierüber festgestellt. Nicht das Oeffnen und Schließen der Kette, wie man bisher meinte, macht diese empfindliche Wirkung, sondern jede Schwankung des Stromes, jedes stärker und schwächer Werden desselben bringt diese Empfindung hervor. Nur der gleichbleibende Strom ist ohne empfindliche Wirkung; bleibt er sich aber nicht gleich, so giebt jede Veränderung, sie mag nun in Verstärkung oder Verminderung bestehen, sich in einer entsprechenden Empfindlichkeit kund.

Hieran schließt sich das zweite von Du Bois-Reymond festgestellte Gesetz, daß je schneller dieser Wechsel, desto stärker die Empfindung, wenn auch die Menge der Elektrizität ganz gering ist. Der heftige Schlag, den man bei der Entladung einer Leidener Flasche erhält, welche sehr wenig Elektrizität besitzt, ist dadurch erklärt. Er rührt von der Schnelligkeit ihrer Entladung her.

VI. Die verschiedene Wirkung der auf- und abwärts gehenden galvanischen Ströme.

Auch die Zuckungen, welche sowol beim Schließen, wie beim Oeffnen der galvanischen Kette erfolgen, führten Du Bois-Reymond's Untersuchungen auf ein bestimmtes Naturgesetz hin.

Diese Zuckungen zeigen sich am deutlichsten an Frosch-Schenkeln, die beide nur noch mit den Nerven am Rücken

verbunden sind. Man hängt diese Schenkel so auf, daß jedes Bein des Frosches in ein besonderes Glas Salzwasser eintaucht; bringt man nun die zwei Pole einer galvanischen Kette in die zwei Gläser, so zucken die Schenkel sowol bei dem Herausnehmen wie bei dem Einlegen eines der Pole, das heißt beim Oeffnen und Schließen der Kette. —

Nun aber fand es sich, daß es ein Unterschied sei mit diesen Zuckungen, daß zuweilen die Schließungs-, zuweilen die Oeffnungszuckung stärker ist. Du Bois hat auch diese Erscheinung gründlich untersucht und folgendes Gesetz gefunden.

Die Nerven kommen, wie wir wissen, alle aus dem Gehirn und der Verlängerung desselben, dem Rückenmark, und laufen wie Schnüre durch den Körper bis sie in irgend einen Muskel eintreten, in welchem sie sich nach allen Theilen desselben in den feinsten Fäden verbreiten. Versuche haben gezeigt, daß ihr Ursprung das Gehirn ist und daß der Theil, der im Muskel sich verbreitet, ihren Verlauf vorstellt; und dies ist dadurch erwiesen worden, daß wenn man den Nerv an irgend einer Stelle durchschnitten hat, der Theil, der mit dem Gehirn in Verbindung bleibt, noch thätig ist, während der Theil, der mit dem Muskel verwachsen ist, sofort unwirksam wird. Hiernach kann man sagen, die Nerven steigen vom Gehirn abwärts nach den Muskeln, und deshalb wollen wir diese Richtung nach abwärts als die Richtung vom Ursprung zur Verzweigung bezeichnen.

Von diesem bekannten Gesichtspunkt ausgehend fand Du Bois, daß es einen Unterschied in den Zuckungen ausmacht, je nach der Art und Weise, in welcher man den elektrischen Strom durch die Frosch-Schenkel gehen läßt.

Läßt man den Strom derart durch den Frosch-Schenkel

gehen, daß er in der Richtung nach abwärts, also vom Ursprung im Gehirn zur Verzweigung im Muskel strömt, so ist die stärkere Zuckung beim Schließen der Kette vorhanden; läßt man den Strom aufsteigend strömen, so tritt die Oeffnungszuckung stärker hervor.

Bei dem erwähnten Versuch mit den Frosch-Schenkeln wird der elektrische Strom in einem galvanischen Apparat erzeugt. Der Strom geht hierauf durch den einen Pol ins Salzwasser, sodann durch dieses bis zu dem Fuß des Frosches. Sodann steigt dieser Strom aufwärts im Fuße bis zu dem Nerv, der ins Rückmark führt. Von hier geht der Strom auf den Nerv des anderen Fußes über und wandert durch diesen Fuß abwärts bis ins Salzwasser, um dort zu dem zweiten Draht und durch diesen wieder zu dem galvanischen Apparat zu gelangen. Hier also sieht man den Strom durch einen Fuß des Frosches aufwärts und durch den andern abwärts steigen. Man hat hier also einen Strom nach beiden Richtungen, in dem einen Bein in der Richtung von den Muskeln zum Gehirn und in dem andern Bein in der Richtung vom Gehirn zum Muskel, und deshalb zeigt sich bald in dem einen, bald in dem andern Bein die stärkere Zuckung, je nachdem man die Schließungs- oder die Oeffnungszuckung beobachtet.

Ja, wie Du Bois zeigt, braucht man nur einige Zeit zu warten, bis die Frosch-Schenkel etwas von ihrer Energie verlieren und es tritt dann ein Moment ein, wo der eine Schenkel nur noch beim Schließen, der andere nur noch beim Oeffnen der Kette zuckt, wodurch das von ihm aufgestellte Gesetz sich leicht beweisen läßt.

Im allgemeinen kann man sogar durch dieses Gesetz den Lauf der elektrischen Ströme prüfen. Wenn man einen Strom durch einen Frosch-Schenkel gehen läßt und er zuckt nur beim Schließen der Kette, so kann man sicher

sein, daß der Lauf des elektrischen Stromes in der Richtung nach abwärts geht, das heißt, daß der Strom in der Richtung vom Gehirn nach dem Fuße fließt. Zuckt aber der Schenkel nur beim Oeffnen der Kette, so kann man sicher sein, daß man es mit einem elektrischen Strom zu thun hat, der in der Richtung nach aufwärts läuft, das heißt in der Richtung von den Beinen des Frosches nach dem Kopfe hin.

Man kann daher durch einen Frosch-Schenkel die Richtung des Stromes einer galvanischen Batterie prüfen, eine Prüfung, wozu man sich bis jetzt eines andern Instrumentes bedienen mußte.

Nachdem von Du Bois in dieser Weise die Wirkung eines durch metallischen Galvanismus erzeugten Stromes auf Nerven und Muskeln in bestimmten Gesetzen festgestellt worden, ist es jetzt Sache der Wissenschaft, hieraus weitere Schlüsse zu ziehen, um diese bei vorkommenden Fällen beachten zu können.

Es kommen gegenwärtig die elektro-magnetischen Kuren vielfach in Aufnahme; hierbei wendet man hauptsächlich ein schnelles Schließen und Oeffnen der Ketten an, um durch irgend ein erkranktes Glied des Körpers Ströme hindurch gehen zu lassen. Vorausgesetzt, daß eine heilsame Wirkung hieraus erfolgen soll — was freilich nur in beschränktem Maße der Fall zu sein scheint — so ist es leicht einzusehen, daß man nur auf unklare Resultate wird kommen können, wenn man nicht die von Du Bois entdeckten Gesetze berücksichtigt und wohl unterscheidet zwischen aufwärts und abwärts gehenden Strömungen und den Wirkungen des Schließens und denen des Oeffnens der Kette. — So lange dies nicht geschieht, werden alle sogenannten magnetischen Heil-Kabinete nur im Dunkeln

herumtappen mit ihren Versuchen, die man schon als Kuren ausgiebt.

Die erwähnten Gesetze, deren Feststellung die Wissenschaft den Forschungen Du Bois-Reymond's zu verdanken hat, sind indessen nur Vorbereitungen seiner eigentlichen Untersuchungen gewesen, die er über die wirkliche thierische Elektrizität angestellt hat. —

Diese wichtigen Untersuchungen sind von ihm nicht minder glücklich bis zu der Stufe gebracht worden, wo sie eine strengwissenschaftliche Grundlage erhalten haben, da es ihm auch hier gelungen ist, Naturgesetze der thierischen Elektrizität festzustellen. Zu diesen Untersuchungen mußte sich Du Bois erst die Instrumente selber herstellen, da die bisherigen nicht ausreichten, um sichere Resultate zu liefern.

Bis zu seiner Zeit machte man Versuche dieser Art hauptsächlich mit Fröschen, denen man die Haut abzog, wodurch ihre elektrische Empfindlichkeit freilich gesteigert wurde. Die Natur und Stärke der elektrischen Strömungen untersuchte man durch die Elektrizitätsmesser, welche wir bereits beschrieben haben und die aus empfindlichen Magnetnadeln bestehen, in deren Nähe man viele Windungen von umsponnenen Drähten anbrachte, um die Magnetnadel zur Abweichung zu bringen, sobald ein elektrischer Strom durch die nahen Drähte zieht. Man nennt solch ein Meß-Instrument der Elektrizität: den Multiplikator, und der Kürze wegen wollen wir diesen Namen auch beibehalten. Endlich wurde die Methode beibehalten, daß man in vorkommenden Fällen die entsprechenden Theile des Frosches in Salzlösungen brachte und diese als Leiter der Elektrizität benutzte.

Du Bois verwarf dieses ganze Verfahren.

Er sah ein, daß man mit ganzen Fröschen, oder auch

nur ganzen Gliedern des Frosches so gut wie auf gar kein sicheres Resultat gelangen könne, weil hierbei eine ganze Partie Muskeln und Nerven thätig sind und man niemals wissen kann, wo, wie und welch ein Theil hier wirksam ist. Er unterwarf zu seinem Zwecke einzelne von dem Thiere getrennte Muskeln und Nerven einer Untersuchung und gelangte nur so zu seinen sicheren und festen Resultaten.

Um die Natur und die Stärke der elektrischen Ströme, die sich zeigen könnten, zu untersuchen, mußte Du Bois sich das Instrument, den erwähnten Multiplikator, erst selbst bauen, da alle damals existirenden nicht diejenige Feinheit und Empfindlichkeit besaßen, die zu seinen Untersuchungen nöthig sind. Gegenwärtig sind bereits unter seiner Leitung mehrere so feine Instrumente angefertigt worden; aber sie gehören noch immer zu den Seltenheiten, weshalb es nicht leicht ist, einen Versuch, den Du Bois angiebt, ohne weiteres nachzumachen.

Endlich vermied es Du Bois bei seinen Versuchen, irgend einen Theil eines zu prüfenden Muskels oder Nervs in irgend welche Flüssigkeit zu bringen, weil er mit Recht den elektrisch-chemischen Einfluß einer solchen Benetzung fürchtete und eine Störung der gewonnenen Resultate hierbei voraussah.

Es würde uns zu weit führen, wenn wir die Sorgfalt näher bezeichnen wollten, die bei seinen Versuchen beobachtet worden ist; wir wollen nur mit einem Worte sagen, daß diese Sorgfalt alles übertrifft, was vor ihm geleistet wurde und daß gerade dieser Umstand seinen Forschungen den Werth einer strengen Wissenschaftlichkeit verleiht. —

Kommen wir nun auf die Resultate, die aus Du Bois' Untersuchungen sich ergeben haben, so erscheinen sie

für den ersten Augenblick freilich unbedeutend gegenüber den überschwenglichen Träumereien, denen man sich beim Auftreten des Galvanismus hingab, wo man das Räthsel des Lebens erfaßt zu haben glaubte, wenn man statt seiner ein neues Räthsel, den Galvanismus setzte; allein der Werth der jetzigen gewonnenen Resultate liegt eben darin, daß man nicht mehr so viel vom galvanischen Vorgang im lebenden Körper in Pausch und Bogen spricht, sondern einfacher, wie es einer Wissenschaft ziemt, beginnt und mit Sicherheit sagen kann, was in einem besonders geprüften Muskel und Nerv von galvanischen Strömungen vor sich geht. Wie diese Strömungen in einander greifen und zu welchem Resultat sie beim gesammten Lebensprozeß führen, das darf man wohl vermuthungsweise aussprechen; von wahrem wissenschaftlichem Werthe jedoch bleibt immer nur ein sicheres Vorschreiten vom Einzelnen und Kleinen zum Ganzen und Großen; ein Vorschreiten, zu welchem eben die Bahn durch Du Bois geebnet worden ist.

Du Bois hat Muskeln und Nerven besonders untersucht und in Bezug auf die Muskeln gefunden, daß jeder Muskel eines lebenden Wesens während des Lebens und auch kurze Zeit nach dem Tode der Sitz einer galvanischen Strömung ist, und zwar ist diese Strömung derart, daß jedes Stück des Querschnitts eines Muskels negativ elektrisch ist gegen jeden Punkt des Längenschnittes des Muskels.

Wir wollen dieses Grundgesetz unsern Lesern deutlich zu machen suchen.

VII. Die Elektrizität in den Muskeln.

Ein Muskel ist eigentlich das, was man gewöhnlich Fleisch nennt. Wenn wir Fleisch essen, essen wir Theile von Muskeln größerer oder ganze Muskelpartien kleinerer Thiere. Untersucht man jedoch die Beschaffenheit und das Wesen eines ganzen Muskels, so findet man immer, daß er eine Art Band aus Fleisch ist, das mit seinem einen meist schmalen Ende an einen Knochen angewachsen ist, während sein zweites schmales Ende an dem nächsten Knochen ansitzt. Er bildet also eine längliche Fleischbrücke von einem Knochen zum andern. Die Bestimmung des Muskels ist das Glied, das der zweite Knochen bildet, zu bewegen, und diese Bewegung bringt der Muskel dadurch hervor, daß er sich im gesunden Zustand nach dem Willen des Thieres zusammenziehen kann, das heißt, er wird kürzer und dicker, namentlich in seiner Mitte, wodurch er natürlich den Knochen, an dem er mit seinem untern Ende angewachsen ist, mit sich zieht und so zur Bewegung veranlaßt.

All' unsere Bewegungen, unser Gehen, Laufen Springen, Schwimmen, Strecken, Beugen, Setzen, Aufstehen, die Bewegungen unseres Gesichtes beim Sprechen, Lachen, Weinen, Denken und Empfinden, mit einem Worte sämmtliche Bewegungen eines lebenden Wesens rühren einzig und allein von dem Zusammenwirken jener Muskel-Zusammenziehungen her. Sobald in den Muskeln diese Zusammenziehungskraft verloren geht oder gestört wird, ist der Körper starr und unbeweglich.

Wer hiervon noch keine rechte Anschauung hat, der beobachte z. B. seinen Oberarm dort, wo das dicke Fleisch sich befindet. Streckt man den Arm aus, so liegt der dicke Muskel gestreckt; er fühlt sich weich an und man bemerkt an ihm, daß er nicht thätig ist; biegt man aber

den Ellbogen ein, so daß die Hand der Schulter sich nähert, so sieht man wie der Muskel sich zusammenzieht, zusammenballt, kürzer und dicker wird, und in diesem Zustand fühlt er sich hart an, zum Zeichen, daß er gepreßt und zusammengezogen, also thätig ist. — Gemeinhin nun glauben Viele, daß der Muskel diesen Zustand annehme, weil man den Arm gebogen habe; das aber ist falsch. Nicht der gebogene Arm macht den Muskel ballig und zusammengezogen, sondern umgekehrt. Das Zusammenziehen des Muskels am Oberarm, der mit seinem zweiten Ende am Knochen des Unterarms angewachsen ist, hat es bewirkt, daß der Arm sich einbiegen mußte. Daher kommt es, daß wenn man sich diesen Muskel am Oberarm stark verletzt hat, man den Oberarm selber noch ganz gut im Gelenk bewegen kann, während man den Unterarm nicht einzubiegen und die Hand nicht zur Schulter zu bringen vermag.

Fragt man sich nun, woher kommt es, daß der Muskel sich nach unserm Willen zusammenziehen kann? so giebt hierauf die Wissenschaft die Antwort, daß der Wille in unserem Gehirn seinen Sitz hat. Von dem Gehirn aus oder von dessen Verlängerung, dem Rückenmark, gehen Nerven nach jedem einzelnen Muskel, worin sie sich in die feinsten Aeste vertheilen und diese Nerven, die wie Schnüre aussehen, bringen zum Muskel die Botschaft des Gehirns und geben ihm das Vermögen, die Zusammenziehung zu vollbringen. Durchschneidet man solchen Nervenfaden, so verliert der Muskel, ohne sonst irgendwie verletzt zu sein, die Kraft sich zu bewegen und er hängt schlaff und unthätig im Körper.

Das Interessante an diesem wunderbaren Vorgang ist, daß die Nervenschnüre nicht etwa selber sich bewegen, nicht etwa gezogen werden, wie an einer Maschinerie, und

dadurch auch die Muskeln in Bewegung setzen, sondern daß die Nerven still liegen an ihrem Orte und nur die Anregung zur Bewegung fortleiten. Im vollen Sinne des Wortes gleichen die Nerven hierin den Leitungsdrähten eines elektrischen Telegrafen. Wie diese Drähte ruhig daliegen in der Erde, oder über der Erde und weiter keine Rolle spielen, als daß sie die Elektrizität leiten, so thun es auch die Nerven mit der Anregung, die sie vom Gehirn aus empfangen. Sie sind nur die Leiter der Anregung. Und ganz so wie die Drähte zu einem entfernten Eisen einen elektrischen Strom bringen, der ihn zum Magneten macht, der ihm Anziehungskraft verleiht, welche Bewegungen der telegrafischen Apparate hervorbringt, ganz so bringt ein Nerv nur einen Strom zum Muskel und dieser Strom verleiht ihm die Kraft der Anziehung, welche Bewegungen der Glieder veranlaßt.

Schon aus diesem Vergleich, der, wie wir noch sehen werden, keineswegs unbegründet ist, geht hervor, daß jeder Muskel ein Apparat ist, der in Folge einer Anregung sich zusammenzieht, daß also der Muskel nicht etwa von Nerven bewegt wird, wie eine Klingel durch den Klingelzug, sondern wie ein mit einer bestimmten Kraft begabter Apparat, der in Folge einer Anregung nur in Thätigkeit gesetzt wird.

Und welches ist diese bestimmte Kraft? Sie ist eine elektrische Kraft.

Du Bois-Reymond's Untersuchungen haben den Beweis geführt, daß, wenn man einen Muskel quer durchschneidet und einen Punkt dieses Querschnittes in leitende Verbindung bringt mit irgend einem Punkt am Muskel auf seiner ganzen Länge, daß dann ein elektrischer Strom entsteht, und zwar derart, daß aus der Stelle des Quer-

schnittes ein Strom negativer Elektrizität nach der mit ihm leitend verbundenen Stelle der Länge sich bewegt.

Nachdem diese Entdeckung einmal festgestellt ist, hat man um so mehr Ursache anzunehmen, daß dieser elektrische Strom im Muskel, den man nach Du Bois den Muskelstrom nennt, die eigentliche Kraft ist, die im lebenden Muskel fortwährend vorhanden ist und die es bewirkt, daß in Folge einer Nerven-Anregung der Muskel sich zusammenzieht, daß also die Quelle der Muskelbewegungen in der thierischen Elektrizität liegt, von welcher der Muskel einen bestimmten Theil enthält.

VIII. Schwächung und Stärkung des Muskelstromes.

Eine weitere Untersuchung des elektrischen Stromes, der in jedem Muskel vorhanden ist, führte Du Bois zu dem Resultat, daß der elektrische Strom abnimmt, sobald der Muskel sich zusammengezogen hat und daß er erst in seiner natürlichen Lage wieder an elektrischer Kraft gewinne.

Du Bois führt den Beweis hierfür in der Weise, daß er von einem Muskel ein kleines Stück in der Quere abschneidet, die Stelle, wo das Stück fortgeschnitten ist, also den Querschnitt mit außerordentlicher Vorsicht in leitende Verbindung mit einem Gefäß Salzwasser setzt. Desgleichen bringt er irgend einen Punkt aus der Länge des Muskels in leitende Verbindung mit einem zweiten Glase Salzwasser. Indem er nun in die beiden Gläser die zwei Drähte des Elektrizitäts-Messers, des Multiplikators, einlegt, ist eine Kette geschlossen für den elektrischen Strom, der von dem Querschnitt des Muskels

in das Glasgefäß, von diesem in den einen Draht des Multiplikators hineingeht. Hier durchläuft der Strom alle Drahtwindungen, die an dem höchst empfindlichen Instrument, mit dem Du Bois seine Versuche angestellt hat, sich auf 24,000 belaufen. Von diesen Windungen geht nun der Strom nach dem zweiten Draht des Multiplikators, von hier nach dem zweiten Glasgefäß und sodann wieder in den Punkt des Muskels über, dessen Längenseite in leitender Verbindung mit dem Salzwasser ist. Daß wirklich ein elektrischer Strom hier den Kreis beschreibt, das verräth die Magnetnadel des Multiplikators, die von der Richtung des Erdmagnetismus, als in der Richtung von Nord nach Süd, abweicht und sich etwas ostwestlich stellt.

Es ist klar, daß je stärker der Strom im Muskel ist, desto mehr vermag er die Magnetnadel abzulenken, und daß je schwächer der Strom wird, desto mehr wird die Nadel in ihre natürliche Lage zurückkehren.

Dies ist der Zustand des Muskelstromes, wenn der Muskel nicht zusammengezogen wird; sobald jedoch eine Zusammenziehung des Muskels stattfindet, zeigt es sich, daß der Strom im Muskel abnimmt.

Du Bois führt hierfür folgenden Beweis.

Er stellt den eben angeführten Versuch mit einem Muskel an, der noch an einem Nervenfaden hängt. Wenn man diesen Nervenfaden in irgend einer Weise reizt, so zuckt der Muskel. Dieses Zucken tritt auch ein, wenn man durch ein kleines Stück des Nervs einen elektrischen Strom leitet, und zwar zuckt der Muskel beim Oeffnen und Schließen der elektrischen Kette. Bringt man einen Apparat an, der ein schnelles Oeffnen und Schließen der Kette veranlaßt, so tritt ein so häufiges Zucken im Muskel ein, daß er sich zusammenballt und krampfartig zusam-

mengezogen bleibt. — Untersucht man nun in oben angegebener Weise den elektrischen Strom des Muskels, wenn er zusammengezogen, so findet es sich, daß der Strom schwächer geworden ist, denn die Magnetnadel begiebt sich während der Zeit, daß der Muskel zusammengeballt liegt, zurück in die Richtung von Nord nach Süd.

So wenig für den ersten Augenblick dieser Versuch von Bedeutung für das Leben scheint, so wichtig wird er, wenn man näher hierüber nachdenkt.

Wir wissen, daß wir bei bedeutenderer Muskelanstrengung, also beim Gehen, Laufen, Arbeiten &c. müde werden. Erst nach einiger Ruhe werden wir wieder kräftiger und hierzu ist nicht einmal frisch eingenommene Nahrung nöthig, sobald nur Nahrungsstoff genug im Körper vorhanden ist.

Was aber ist Ermüdung? Woher rührt sie? Warum macht die angestrengte Benutzung eines Muskels diesen auf einige Zeit schwach?

Die Benutzung eines Muskels beruht auf seinen häufigen und andauernden Zusammenziehungen, und da Du Bois' Versuche zeigen, daß bei Zusammenziehungen die elektrische Strömung des Muskels abnimmt, so hat man Ursache anzunehmen, daß die Ermüdung in Folge eines Mangels elektrischer Strömung eintritt, die im Muskel zum Vorschein kommt.

Bedenkt man, daß es sich gezeigt hat, wie in einem kräftigen Muskel ein starker elektrischer Strom existirt, so hat man Grund, auch umgekehrt zu schließen, daß ein starker Muskelstrom in dem Muskel eine starke Kraft der Zusammenziehung, also seiner gesammten Thätigkeit erzeugt. Häufige Zusammenziehungen, die den Muskelstrom schwächen, müssen also auch seine Kraft schwächen, und ihn zur Ermüdung bringen.

Ein müder Mensch ist also ein Mensch, der seine Muskeln zu häufig zusammengezogen und hierdurch die elektrischen Ströme seiner Muskeln geschwächt hat.

Freilich wird man hiergegen einwenden können: Wie könnt Ihr von einem todten Muskel, an dem Du Bois die Versuche angestellt hat, auf einen lebenden schließen, der im menschlichen Körper thätig ist? Die dauernde Zusammenziehung, die man künstlich an einem todten Muskel hervorruft, ist ja eigentlich nur ein übermäßiges, schnelles Zucken. Der todte Muskel kann sich nicht so schnell zusammenziehen und ausdehnen und ballt sich daher krampfhaft zusammen. Wie will man diesen Kampf des todten Muskels mit der dauernden Thätigkeit eines Muskels im lebenden Wesen vergleichen und hieraus Schlüsse ziehen?

Die Antwort auf diese Frage hat Du Bois durch seine neueste glänzendste Entdeckung in höchst überraschender Weise gegeben. Wir werden sehen, daß er den schlagendsten Beweis geliefert, wie man das, was er am todten Muskel beobachtet hat, auch am lebenden zu zeigen im Stande ist.

IX. Versuch über die elektrische Muskelströmung.

Den Beweis, den Du Bois-Reymond führt, um zu zeigen, daß das, was sich am Muskel frisch getödteter Thiere von elektrischen Strömen zeigt, auch bei lebenden Wesen stattfindet, ist eben so schlagend wie überraschend. Es geht aus diesem Beweis hervor, daß durch die Glieder, z. B. der Arme des Menschen, ein abwärts gehender Strom sich bewegt, und daß dieser unter Umständen auch einer Messung unterworfen werden kann.

Zu diesem Zweck bringt Du Bois die beiden Drähte

seines großen Multiplikators in zwei Gläser mit Salzwasser und taucht in jedes der Gläser den Zeigefinger einer Hand hinein. Hierdurch ist eine geschlossene Kette entstanden, die von den beiden Armen und dem Körper und den Drähten und Windungen des Multiplikators gebildet wird. So lange Du Bois die Arme in natürlicher Lage läßt, zeigt sich keine Abweichung der Magnetnadel des Multiplikators. Es gehen zwar elektrische Ströme aus den Armen; aber da sie beide abwärts gehen, so begegnen sie sich und heben sich gegenseitig auf. Nun aber zieht Du Bois die Muskeln des rechten Armes zusammen und sofort wird der elektrische Strom des Armes schwächer, ganz so wie es bei zusammengezogenen Muskeln frisch getödteter Thiere der Fall ist. Hierdurch überwiegt der Strom, der zum andern Arm abwärts strömt, und man beobachtet sogleich an der Magnetnadel des Multiplikators, daß sie von der Richtung von Nord nach Süd abweicht und einen elektrischen Strom anzeigt, der vom nicht zusammengezogenen Arm in das eine Glasgefäß, durch das darin befindliche Salzwasser zum Draht des Multiplikators, sodann durch die Windungen des Multiplikators geht, wo er die Magnetnadel zur Abweichung bringt. Sodann geht der Strom durch den zweiten Draht des Multiplikators zum zweiten Glasgefäß, durch dessen Flüssigkeit zum eingetauchten Finger und steigt den Arm hinan, der, weil seine Muskeln zusammengezogen sind nur einen schwachen Strom ihm entgegenschickt, einen schwachen Strom der von dem stärkern überwunden wird. Der stärkere Strom geht also weiter und durch den Körper, so daß sich ein fortwährender Kreislauf eines elektrischen Stromes herstellt, so lange die Muskeln des einen Armes zusammengezogen bleiben.

Hört Du Bois auf, die Muskeln zusammenzuziehen,

so stellt sich nach einiger Zeit die Strömung durch beide Arme wieder gleichmäßig her und man sieht die Nadel zurücklenken nach der Richtung von Nord nach Süd.

Dieser im höchsten Grade überraschende lehrreiche Versuch bietet in der Ausführung einige Schwierigkeiten, weil eine starke Uebung dazu gehört, die Muskeln nur eines Armes anhaltend zusammenzuziehen, ohne mit dem andern Arm zu zucken, weshalb ein Mißlingen des Versuches nicht selten ist.

Wir sagen nicht zu viel, wenn wir behaupten, daß diese Entdeckung Du Bois-Reymond's zu den bedeutendsten unserer Zeit gezählt werden kann. Die strengwissenschaftliche Gewissenhaftigkeit dieses Forschers verbietet ihm, unsichere Möglichkeiten, die sich aus dieser Entdeckung vielleicht noch entwickeln werden, auszusprechen; uns aber, die wir zwar nicht gern der Wundersucht des Publikums und der Elektrizitäts-Narren huldigen, aber gleichwol einmal bei einer bedeutenden Entdeckung hinausgreifen in die Zukunft, um auf deren mögliche Folgen aufmerksam zu machen, uns mag es gestattet sein von der möglichen Zukunft auch dieser Entdeckung ein paar Worte zu sprechen.

Vor allem wollen wir nur sagen, daß es das höchste Staunen erregen muß, wenn man bedenkt, daß der Mensch durch eine willkürliche Bewegung seines Armes im Stande ist, eine von ihm weit entfernte Magnetnadel zu bewegen. Es steht fest, daß der Multiplikator in Amerika stehen könnte; wenn nur dicke Drähte bis hierher geleitet würden, so würde ebenso eine Muskelzusammenziehung eines Armes genügen, um die dortige Magnetnadel zum Abweichen zu bringen.

Bedenkt man aber, daß die Muskelzusammenziehung nur durch den Willen geschieht, daß dieser seinen Sitz

im Gehirn hat, daß in diesem Gehirn nur etwas vorgeht, das man geistige Thätigkeit nennt, so kann man im vollen Sinne des Wortes sagen, daß die Nadel in Amerika durch den geistigen Willen im Gehirn eines Menschen in Berlin bewegt wird.

Nun aber wissen wir, daß gegenwärtig noch in ganz England die Telegrafie nur auf den Ablenkungen einer Magnetnadel eines Multiplikators beruht, und daß man durch solche wiederholte Ablenkungen im Stande ist, ganze Reihen von Gedanken in die weiteste Ferne mitzutheilen. Denkt man nun an den Fall, daß einmal ein noch empfindlicherer Multiplikator erfunden wird als der von Du Bois, so ist die Möglichkeit gegeben, durch diesen direkte telegrafische Nachrichten vom Gehirn eines Menschen aus in die weiteste Ferne senden zu können, sobald es der Mensch nur versteht, die Muskeln seines Armes in entsprechender Weise zusammenzuziehen. —

Das ist freilich nur eine Spielerei, und mag uns als solche verziehen werden; aber die Möglichkeit, noch empfindlichere Multiplikatoren zu bauen, ist ein ernster Gedanke, an den sich wichtige Folgerungen anschließen.

X. Mögliche Folgen der Du Bois'schen Entdeckungen.

Schon die gegenwärtigen Multiplikatoren, die nach Du Bois' Angaben gebaut sind, besitzen eine so große Empfindlichkeit, daß sie bereits sehr merkbar zeigen, ob eine Person, die die Finger in die beiden Glasgefäße steckt, einen stärkeren oder einen schwächern elektrischen Strom errege, das heißt, ob in den Arm-Muskeln dieser Person eine stärkere oder schwächere Strömung von Elek-

trizität stattfinde. Da nun die Muskelstärke, die eigentliche Bewegungsfähigkeit dieser Person, in so genauem Zusammenhang mit dem in den Muskeln thätigen elektrischen Strome steht, so kann man schon jetzt sagen, daß man an einem Du Bois-Reymond'schen Multiplikator ein Instrument besitzt, durch welches man die Stärke, die Muskelkraft eines Menschen prüfen oder messen kann.

Freilich gehört hierzu eine ungemein große Sorgfalt, um zu genauen Resultaten zu kommen. Nach den neuesten Erfahrungen dieses verdienstvollen Forschers genügt die kleinste Wunde, der geringste Nadelstich in dem einzutauchenden Finger, um einen störenden Einfluß auf das Instrument auszuüben. Der elektrische Strom wird nämlich durch die verwundete Stelle, wo die schützende Haut fehlt, kräftiger strömen als durch den andern Finger, der mit ganz unverletzter Haut umgeben ist. Ferner ist der linke und der rechte Arm ohnehin bei den allermeisten Menschen nicht von gleicher Stärke, und es zeigen sich demnach auch schon Unterschiede in den Strömen, die auf das Instrument einwirken.

Denkt man sich jedoch eine weiter gehende Vervollkommnung dieses Instruments oder die Entdeckung eines andern Instrumentes, das dieses an Empfindlichkeit und Sicherheit noch übertrifft, so wird man wirklich im Stande sein, nicht nur die elektrischen Ströme verschiedener Personen zu messen und deren Stärke genau zu bestimmen, sondern man wird auch jedes einzelne Glied einer Person in Hinsicht seiner Stromstärke prüfen können und einen Maßstab besitzen, wonach man die Gesundheit, die Erstarkung oder die Abschwächung einzelner Glieder wird abschätzen können.

Schon seit langer Zeit weiß man mit ziemlicher Sicherheit, daß die Elektrizität bei der Lebensthätigkeit des

menschlichen Körpers eine große Rolle spielt, und auf diesem an sich richtigen Grundsatz beruhen zum großen Theil die elektrischen Kuren, die jetzt nicht ungewöhnlich sind. Allein jeder Arzt, der es ernst mit seiner Kunst meint und sie zur Höhe einer Wissenschaft erheben will, wird eingestehen, daß bisher erst ein noch ganz dunkeles Herumtappen mit den Heilmitteln der Elektrizität stattfindet, und nur für sehr wenige Fälle einige Sicherheit im Erfolge angegeben werden kann. Erst dann, wenn Du Bois-Reymond's Forschungen fortgesetzt und erweitert und die Instrumente vervollkommnet und verfeinert werden, erst dann wird man den Weg zu einer wirklichen wissenschaftlichen Erkenntniß der gesunden und krankhaften Zustände des menschlichen Körpers und seiner einzelnen Theile besitzen, erst dann darf man hoffen, daß Krankheiten und ihre Ursachen, wenn sie auf Abweichungen der elektrischen Strömungen beruhen, besser erkannt werden, und dann erst wird die Möglichkeit zur Sprache kommen dürfen, ob man für Krankheiten, deren Ursache man erkennt, irgend ein Mittel in irgend einem elektrischen Verfahren zu finden hoffen darf.

Vielleicht ist die Zeit nicht mehr fern, wo jeder gewissenhafte Arzt einen Apparat wie den Multiplikator eben so nothwendig braucht, wie er sich des in neuerer Zeit in Aufschwung gekommenen Hör-Rohrs bedient, um den Zustand der Lungen und des Herzens im Menschen zu untersuchen; und obwohl vorauszusehen ist, daß durch solche Instrumente der stets schnell fertigen Charlatanerie nicht wenig Spielraum zu Selbsttäuschungen und Täuschungen des Publikums gegeben werden wird, so dürfen wir es doch als einen erfolgreichen Schritt ansehen, wenn erst die elektrische Untersuchung in dieser Beziehung beginnen würde.

Mit Genugthuung ersehen wir aus den Zeitungen, daß es meist jüngere berliner Aerzte sind, die die Vorlesungen Du Bois-Reymond's besuchen, wie wir denn auch aus Berichten wissen, daß seine Entdeckungen namentlich in England günstige Aufnahme gefunden haben, und so zu der Hoffnung berechtigt sind, daß in dieser für alle Praxis so glücklich thätigen Nation ein weiterer Fortschritt sich ergeben werde.

Wer weiß, ob nicht schon das kommende Geschlecht es erlebt, daß solche Instrumente, die gegenwärtig nur erst in den Händen einzelner Forscher sich befinden, im verbesserten und vervollkommneten Zustand sich in den Händen von Tausenden befinden, um noch ungeahnte Dienste im praktischen Leben zu leisten! — Die Zukunft der elektrischen Forschungen und die Verwendung einer Entdeckung ist so unübersehbar groß, daß man sich gegenwärtig kaum eine Vorstellung von der Ausdehnung machen kann, die sie noch zu nehmen berufen ist, und ebenso wie man vor zwanzig Jahren selbst in den gebildeten Kreisen nur auf Spott und Lächeln hätte rechnen können, wenn man vorausgesagt hätte, welche Rolle heute die elektrischen Telegrafen in der Welt spielen würden, ebenso darf man jetzt nur auf ungläubiges Lächeln rechnen, wenn man die Verwendung der Elektrizität in den nächsten zwanzig Jahren voraussagen wollte. — Daß aber Du Bois-Reymond's Entdeckungen nicht fruchtlos für die Zukunft sein werden, können wir trotzdem hinstellen und vielleicht wird es in zwanzig Jahren so gewöhnlich sein, die Muskelkraft eines Menschen oder eines Zugthieres, die Gesundheit eines Militärpflichtigen oder eines vorgeblichen Kranken durch einen Multiplikator zu prüfen, wie es jetzt schon gebräuchlich ist, sich im gewöhnlichen Leben eines Thermometers zu bedienen.

Wir wollen uns indessen nicht in die dunkle Zukunft verlieren, sondern zu unserm Thema zurückkehren, wo wir unsern Lesern noch eine weitere Entdeckung Du Bois' über die elektrische Thätigkeit in den Nerven vorzuführen haben.

XI. Die galvanischen Ströme in den Nerven.

Außer den elektrischen Strömen in den Muskeln hat Du Bois-Reymond auch elektrische Ströme in den Nerven festgestellt, von deren Existenz man bereits früher Vermuthungen hegte, sich jedoch nur unbestimmte Vorstellungen machen konnte.

Du Bois-Reymond's Versuche zeigen, daß jeder Theil eines Nervs, den man mit einem abgeschnittenen Ende desselben in Berührung bringt, eine elektrische Kette bildet, durch welche ein Strom zirkulirt. Legt man irgend einen Nervenfaden so auf den Apparat, daß er an irgend einem Punkt seiner Länge in leitender Verbindung mit einem Glase Salzwasser steht und bringt man sodann an ein zweites Glas Salzwasser die Stelle, wo man den Nervenfaden abgeschnitten hat, so braucht man nur die Drähte des Multiplikators in die Gläser zu legen, um an der Ablenkung der Magnetnadel den elektrischen Nervenstrom zu merken.

In dieser Beziehung gleichen die Nerven ganz und gar den Muskeln; denn ebenso wie in den Muskeln vom Querschnitt zu jedem Punkt der Länge ein negativer Strom sich zeigt, ebenso ist es mit den Nerven der Fall.

Da nun die Nerven in die Muskeln hineingehen und sich in denselben verzweigen, so liegt der Gedanke nahe, daß der eigentliche elektrische Apparat im Muskel der in

ihm sehr fein verzweigte Nerv sein mag; allein Du Bois hat den Beweis geführt, daß dies ein Irrthum sei, denn der elektrische Strom der Muskeln ist bei weitem stärker als er hätte sein können, wenn seine Elektrizität nur von den fein verzweigten Nervenfäserchen herrührte.

Außer diesem elektrischen Strome in den Nerven hat Du Bois noch einen eigenthümlichen elektrischen Zustand der Nerven entdeckt, von welchem wir unsern Lesern nur ein sehr flüchtiges Bild zu geben im Stande sind, da die genaue Darlegung dieses Zustandes eine zu ausführliche und streng wissenschaftliche Behandlung nöthigt macht. — Diese Entdeckung ist für die Erkenntniß der gesammten Thätigkeit der Nerven von der größten Wichtigkeit und dürfen wir auch hier hoffen, daß eine weitere Durchforschung dieses neuen Zweiges der Wissenschaft von den günstigsten Erfolgen gekrönt werden wird. Im Allgemeinen ausgedrückt beweist diese Entdeckung Folgendes.

Wenn man durch ein kleines Stück eines langen Nerven einen elektrischen Strom fließen läßt, so nimmt der Nerv in seiner ganzen Länge einen elektrischen Zustand an. Dieser erregte Strom in der ganzen Länge des Nervs ist unabhängig von dem elektrischen Strome, der ohnehin schon durch den Nerv thätig ist und verstärkt diesen letzteren Strom oder schwächt ihn, je nachdem beide Ströme eine gleiche oder eine entgegengesetzte Richtung haben.

Es liegt freilich nahe, daß man bei all' diesen Entdeckungen nach den Ursachen oder richtiger nach dem Zustande fragt, in welchem Muskeln und Nerven sich im Moment ihrer elektrischen Thätigkeit befinden. Allein die Elektrizität ist, wie wir wissen, für uns noch ein großes Naturgeheimniß, und wenn wir uns vergeblich bei einem gewöhnlichen Metalldraht, durch den ein Strom geht,

fragen: was geht denn eigentlich in diesem Moment, dem sich wichtige Folgerungen anschließen, vor? so wird man es begreiflich finden, daß die Antwort noch weit schwieriger ist, wenn man sich die Frage stellt: was in einem so außerordentlich schwierig zu entwirrenden Gewebe eines Muskels oder in einem immer noch nicht völlig durchforschten Gebilde eines Nervs vorgeht, daß von selber elektrische Ströme in ihm vorhanden seien oder neue erzeugt werden können. Gleichwohl hat Du Bois den Versuch gemacht, durch Modelle und Zeichnungen den räthselhaften Zustand, der in den kleinsten mit keinem Mikroskop sichtbar zu machenden Theilchen der Nerven und Muskeln vor sich geht, zu versinnlichen und hat damit mindestens einen Anhalt geliefert, den größten Räthseln der Natur etwas näher zu kommen.

Die Wissenschaft, die Du Bois so verdienstlich angebahnt hat, ist eigentlich erst im Beginn, ja seine gesammten Forschungen sind noch nicht einmal an die Oeffentlichkeit getreten, da bis jetzt nur die zwei ersten Bände seines Werkes veröffentlicht sind und der dritte Band erst zur Herausgabe vorbereitet wird. Wie es einem so strengen Forscher ziemt, hat Du Bois sich fern gehalten von allen überspannten Hoffnungen, die die Welt bei den ersten Entdeckungen Galvani's gehegt hat; uns jedoch, die wir in diesen Blättern die Aufgabe haben, in unsern Lesern den Sinn für die Naturwissenschaft anzuregen, die neuesten Entdeckungen ihnen vorzuführen und durch Fernblicke in eine lichtere Zukunft die Ueberzeugung zu befestigen, daß die Wissenschaft nicht umkehrt, sondern unaufhaltsam vorschreitet, uns muß es gestattet sein, auch auf die Zukunft dieses Zweiges der Wissenschaft noch einen hoffnungsvollen Blick zu werfen. —

Die Natur bietet der Räthsel viele dar, dies bemühen

wir uns eben in unserem Thema über die geheimen Kräfte derselben darzuthun. Der Räthsel größtes aber ist sicherlich das lebende Wesen und unter ihnen das vorzüglichste der Wesen, der Mensch. Ist aber der Mensch das vorzüglichste der Wesen, so ist das vorzüglichste der Organe des Menschen das Gehirn, diese räthselhafte Stätte seines Wollens, seines Empfindens und Denkens, diese wundervolle Werkstatt des Geistes, der dem Geiste der Natur nachzuspüren sucht.

Und von dieser Werkstatt, von dem Gehirn und seiner Verlängerung, dem Rückenmarke aus, gehen die Nerven wie Leitungsfäden durch den ganzen Körper, um das, was man Leben nennt, nach den festen Theilen des Körpers auszusenden.

Wer da wähnt, in der Elektrizität allein das ganze große Räthsel des Lebens zu finden, der irrt sicherlich. Wir stehen noch auf einer sehr niedrigen Stufe der Erkenntniß der Gesammt-Natur-Geheimnisse, um in dem so geringen Gebiet das bis jetzt erforscht und entdeckt ist, das All suchen zu dürfen. Gleichwohl aber spielt die Elektrizität eine unendlich große Rolle im Lebensprozeß, und wer es sieht, wie jedes Gehirn aus zwei Massen, einer grauen und einer weißen Masse besteht, und wahrnimmt, wie aus der einen Masse, der weißen, die Nerven als elektrische Fäden auslaufen gleich den Drähten einer galvanischen Batterie, um allenthalbenhin telegrafische Dekrete für alles Thun und Lassen, und von allenthalbenher telegrafische Berichte zurückzubringen, wer dies sieht, dem tritt in der That der Gedanke nahe, daß diese zwei, sehr scharf kenntlichen Massen des Gehirns sich zu einander, wie die zwei Elektrizität erregenden Metalle oder Stoffe verhalten, durch welche wir künstlich elektrische Erscheinungen hervorrufen können.

Ist dem aber so, so wird die Zukunft einmal auf dem jetzt erst betretenen Wege der Forschung der thierischen Elektrizität zu höhern Resultaten gelangen, als sie augenblicklich erschwingen kann, und wir dürfen unsere Zeit glücklich preisen, daß sie mit Glück vorbereitend eine Arbeit begonnen hat, deren höchster Gipfel die Höhe des Lebens selber ist.

XII. Die elektrischen Heilmittel.

Wir haben bereits mehrfach Gelegenheit genommen, vorübergehend von den elektrischen Kuren zu sprechen, und finden uns namentlich bei der Beobachtung der thierischen Elektrizität veranlaßt, noch einmal hierauf zurückzukommen.

Die Frage ist für viele Tausende von größter Wichtigkeit, ob man sich den jetzt sehr gangbar gewordenen elektrischen Kuren anvertrauen soll oder nicht?

Unsere Antwort hierauf ist folgende.

Wissenschaftlich steht es fest, daß die Elektrizität eine der wesentlichsten Rollen im menschlichen Körper spielt und man sollte meinen, daß hieraus schon folge, daß es im Allgemeinen heilend auf den Körper einwirken müsse, wenn man ihn den elektrischen Strömen aussetze; allein es ist gewiß nur in sehr beschränktem Maße der Fall.

Hätte man ein Mittel, die elektrische Thätigkeit der Nerven oder der Muskeln selber anzuregen, so ließe sich die Sache schon eher hören; hierfür aber ist kein Mittel vorhanden, sondern man versucht jetzt dadurch ein Heilverfahren herzustellen, daß man durch zwei Metalle einen elektrischen Strom erzeugt und diesen Strom durch den menschlichen Körper, oder durch ein erkranktes Glied einfach oder mit häufigen Unterbrechungen hindurchströmen

läßt. Man erzeugt also nicht im menschlichen Körper eine Elektrizität, sondern man benutzt ihn nur als Leiter eines außerhalb des Körpers erzeugten elektrischen Stromes. Ob hierdurch irgendwie die eigene körperliche elektrische Thätigkeit geweckt oder gestärkt wird, ist an sich schon sehr zu bezweifeln. Ja, wenn es auch durch Du Bois-Reymond's Forschungen ausgemacht ist, daß künstlich erzeugte elektrische Ströme, die in einem kleinen Stück Nerv erzeugt werden, den ganzen Nervenfaden in einen eignen elektrischen Zustand versetzen, so ist es eben durch denselben Forscher festgestellt, daß je nach der Richtung dieses Stromes der eigne Strom des Nervs ebenso geschwächt wie gestärkt wird.

So ohne Weiteres also metallisch erregte Elektrizität durch den menschlichen Körper leiten und sich einbilden, daß man dadurch die thierische Elektrizität des Körpers stärke, ist gewiß eine sehr oberflächliche Ansicht. Jeder vernünftige Arzt weiß es, daß man nicht einmal mit wirklichen heilsamen Medikamenten so verfahren kann, und wenn jeder z. B. gesteht, daß im Blut des Bleichsüchtigen Eisen fehlt, so weiß er gleichwohl, daß er zwar eisenhaltige Medizin in den Magen des Kranken, aber darum noch nicht sicher in die Blutkügelchen des Patienten bringen kann.

Hiernach darf man es für jetzt als ausgemacht annehmen, daß das vorgebliche Heilen aller Arten von Krankheiten durch das Hindurchleiten elektrischer Ströme durch den menschlichen Körper eine Charlatanerie ist, die auf Täuschung oder Selbsttäuschung hinausläuft, denn weder die Theorie noch die Praxis spricht für irgend welche sicheren Erfolge, und der Glaube der Leute daran ist nicht höher anzuschlagen als der Glaube an Revalenta

Arabika, Wunderkinder, Besprechungen, sympathetische Kuren, heilige Quellen und dergleichen Aberglauben.

Gesunde Nahrung, Bewegung in freier Luft, Leibesübung, Turnen, Erheiterung des Gemüths und frische geistige Regung sind sichere Erzeuger kräftiger Leibesthätigkeit und also auch gute Mittel zur Erweckung der thierischen Elektrizität, die eine so große Rolle im Körper spielt; und wer nur einigermaßen noch zu diesen Mitteln Zuflucht nehmen kann, der versäume sie nicht und bilde sich nicht ein, daß sich eine organisirend im Körper wirkende Kraft ersetzen lasse durch eine aus todten Metallen angeregte elektrische Strömung, wenn sie auch mit der Strömung im menschlichen Körper die größte Aehnlichkeit hat. — Bis auf gewisse Punkte ist die organische und unorganische Chemie auch ganz gleich; aber die fortgeschrittene Wissenschaft hat schon gelehrt, daß der menschliche Magen nicht zu ersetzen ist durch ein chemisches Laboratorium, und wird wahrscheinlich auch einmal ebenso sicher darthun, daß die thierische Elektrizität sich nicht ersetzen läßt durch Kupfer und Zink.

Wir erklären uns im Allgemeinen gegen die elektrischen Kuren als Ersatzmittel oder Erreger der thierischen Elektrizität.

Dahingegen ist es ganz was anderes, wenn man die metallisch erregte Elektrizität nur als heilsames Reizmittel anwendet, um die gelähmte Thätigkeit der Haut und der Muskeln zu erhöhen. Für ein solches Heilverfahren in bestimmten einzelnen Fällen spricht sowohl die Theorie wie der praktische Erfolg.

Ebenso wie man die Thätigkeit der Haut durch Bäder, kalte Begießungen, kalte Einhüllungen, Senfpflaster u. s. w. reizen und erhöhen, den Blutumlauf, die Ernährung und Ausscheidung befördern kann, ebenso kann

man dies durch elektrischen Reiz. Man hat gegenwärtig sinnreiche Vorrichtungen hierzu erfunden. Man setzt einen Menschen in ein lauwarmes Bad, in welches der Pol einer Batterie mündet, an den zweiten Pol der Batterie befestigt man eine metallene Ruthe und schlägt mit derselben ganz leise den Körper des Kranken. Hierdurch entsteht eine fortwährende Entladung der Elektrizität auf der Haut des Kranken, die diese etwas empfindlich prickelt und röthet und somit die Thätigkeit der Haut anregt, was in angemessenen Fällen heilsam wirken muß und auch wirkt. Hier aber wirkt nicht die Elektrizität als solche, sondern nur der Reiz, den sie auf der Haut verursacht, und als solcher ist er medizinisch gewiß anwendbar.

Nicht minder können bei Lähmungen der Muskeln die Reizungen wirksam sein, die man durch galvanische Apparate auf den Muskel ausüben kann; denn die Zuckungen, die man im Muskel erzeugen kann, begünstigen den Blutumlauf und befördern, in geeigneter Weise angewandt, auch die Ausscheidung oder Zertheilung krankhafter Stoffe in demselben. Selbst die Rheumatismusketten, die jetzt sehr gebräuchlich sind, können in diesem Sinne Dienste leisten, vorausgesetzt, daß sie überhaupt elektrische Wirkungen hervorzubringen vermögen. Die vorzüglichste ist die Pulvermacher'sche Kette, die so außerordentlich wirksam ist, daß man durch zwei solcher Ketten und den Unterbrecher, wie ihn Herr Mechaniker Gruel in Berlin (Roßstraße 3) anfertigt, im Stande ist, eine große Reihe galvanischer Erscheinungen zu zeigen und alle einzelnen Einwirkungen des Galvanismus auf den menschlichen Körper zum Vorschein zu bringen.

Wir beantworten daher die obige Frage wegen der elektrischen Kuren dahin: daß die metallisch erregte Elektrizität keineswegs die thierische irgendwie direkt ersetzen,

wahrscheinlich auch nicht heilbringend verstärken kann; daß aber der Reiz der Elektrizität auf Haut und Muskeln in einzelnen Fällen wol heilsam einzuwirken vermag; und wir schließen diese Reihe der Beobachtung mit der Behauptung, daß es Charlatanerie ist, wenn man den Galvanismus als einzige Medizin anpreisen hört, daß es aber absprechender Dünkel wäre, wenn man den Reiz der galvanischen Behandlung ganz und gar aus dem Reiche der Heilmethode verbannen wollte.

XII. Von den chemischen geheimen Kräften.

Nachdem wir eine Reihe geheimer Naturkräfte unsern Lesern vorgeführt haben, wollen wir noch eine neue Kraft vorführen, die in ihrer Erscheinung sich wesentlich von den bisherigen Kräften unterscheidet. Wir meinen die chemische Kraft.

Die große Verwandtschaft der chemischen Kraft mit der elektrischen Kraft werden wir noch später näher in's Auge fassen, wenn wir zum Schluß unseres Themas eine Betrachtung über die vorgeführten Kräfte der Natur anstellen werden; für jetzt jedoch wollen wir die Erscheinung der chemischen Kraft selber in's Auge fassen, denn sie ist wunderbar und geheimnißvoll.

Ein Jeder weiß es, daß Eisen, wenn man es in feuchter Luft liegen läßt, nach einiger Zeit zu rosten anfängt. Statt des blanken metallischen Eisens bildet sich ein rothes zusammenbackendes, aber doch leicht krümliches Pulver, während das Eisen verschwindet. Läßt man das Eisen immer weiter unter dem Einfluß der feuchten Luft, so verwandelt es sich ganz und gar in Rost und zeigt endlich vom Eisen keine Spur mehr.

Es fragt sich: was ist hier vorgegangen?

Die Naturwissenschaft giebt hierauf die Antwort: Hier ist eine chemische Kraft thätig gewesen, welche das Eisen chemisch verwandelt hat.

Die genaueste Untersuchung zeigt, daß wenn man das Eisen früher genau gewogen hat und nun den Rost nochmals auf die Wage bringt, der Rost schwerer ist als das Eisen war, daß also offenbar zum Eisen jetzt etwas hinzugekommen sein muß, was die Verwandlung hervorgebracht hat.

Was aber ist es, das hier dazu gekommen ist?

Hierauf antwortet die Wissenschaft nach den gewissenhaftesten und allersichersten Prüfungen Folgendes: Zu dem Eisen ist der Sauerstoff der Luft hinzugekommen, und begünstigt von der Feuchtigkeit der Luft hat sich das Eisen mit dem Sauerstoff verbunden, so daß das Eisen völlig umgewandelt und zu dem rothen Pulver wurde, das wir Rost nennen. Hätte man das Eisen mit ein wenig Talg eingeschmiert, so daß die Luft nicht direkt zukommen konnte, so würde es nicht in Rost verwandelt worden sein.

Kann man aber den Rost nicht wieder in Eisen verwandeln? Kann man nicht in irgend einer Weise den Sauerstoff wieder aus dem Rost vertreiben, so daß das Eisen wieder rein zum Vorschein kommt?

Hierauf antwortet sowol die Wissenschaft wie die gewöhnliche Praxis, daß man das ganz gut kann und in der That in jedem Eisenbergwerk, wo Hoch-Oefen sind, es auch macht. Denn das Eisen wird ursprünglich nicht als reines Eisen gefunden, sondern man gräbt und haut es in den Bergwerken als eine Art steinernen Rost aus dem Felsen und der Erde. Diese Art Rost, der auch nichts ist als Eisen, das verwandelt worden ist, indem sich damit Sauerstoff verbunden hat, diese Art Rost wird mit Kohle gemischt

in einen Ofen gebracht. Hier brennt man die Kohle an und läßt sie verbrennen. Bei diesem Verbrennen geht der Sauerstoff aus dem Rost und verbindet sich mit der Kohle, indem sie mit derselben Kohlensäure bildet und das Eisen schmilzt und kommt aus einer Oeffnung des Ofens als Gußeisen heraus.

Man hat also aus Eisen, welches sich mit Sauerstoff verbunden hatte, den Sauerstoff hinausgebracht, indem man ihn mit der Kohle in Verbindung brachte.

Wie aber erklärt man sich diesen Vorgang? Warum verläßt der Sauerstoff der Luft seinen Ort in der Luft und verbindet sich mit dem Eisen, um Rost zu bilden, und weshalb verläßt wieder dieser Sauerstoff das Eisen, um sich mit Kohle zu verbinden, Kohlensäure zu bilden und das Eisen frei zu lassen?

Die Antwort hierauf ist folgende:

Auch dieses Verbinden zweier Stoffe, das man eine chemische Verbindung nennt, ist ein geheimer Vorgang in der Natur, dessen Grund man nicht mit Sicherheit angeben kann; es spricht aber die größte Wahrscheinlichkeit dafür, daß eine geheime Anziehungskraft mit im Spiele ist, die so wunderbare Dinge verrichtet.

Man nennt diese Anziehungskraft, die hierbei thätig ist, die chemische Verwandtschaft; allein das Wort „Verwandtschaft" ist in vollem Sinne des Wortes unpassend, denn wir werden später sehen, daß es gerade umgekehrt mit dieser Anziehung ist, daß nämlich wirklich verwandte Stoffe sich nicht gegenseitig chemisch anziehen, während gerade die sich unähnlichsten Stoffe, die garnichts Verwandtes an sich haben, sich am eifrigsten anziehen.

Wir wollen daher das Wort „Verwandtschaft", das in der Chemie so häufig gebraucht wird, hier lieber immer mit den Worten „chemische Neigung" bezeichnen; im Grunde

genommen aber kommt es auf die Bezeichnung nicht an, wenn man sich nur das Richtige dabei denkt, und das Richtige ist, daß eine geheime Anziehungskraft zwischen Eisen und Sauerstoff vorhanden ist, die es bewirkt, daß aus Eisen Rost wird, und daß noch eine stärkere Anziehungskraft zwischen Kohle und Sauerstoff stattfindet, die es macht, daß unter begünstigenden Umständen der Sauerstoff das Eisen verläßt und sich mit der Kohle verbindet.

Wir haben also hier wieder ein Naturgeheimniß, eine Anziehungskraft, und zwar eine chemische Anziehungskraft, und da wir der Anziehungskraft schon so oft in unserm Thema begegnet sind, so wollen wir einmal sehen, wie sich die chemische Anziehungskraft ganz absonderlich und anders zeigt, als die bisherigen Anziehungskräfte.

XIII. Die Verschiedenheit der geheimen Kräfte.

Wenn wir gewissenhaft verfahren wollen, dürfen wir bei der Betrachtung der neuen, der chemischen Anziehungskraft, es nicht scheuen, nochmals einen Blick auf die bisher vorgeführten Anziehungskräfte zu werfen, um das Aparte dieser neuen Kraft deutlicher einsehen zu können.

In allen festen Massen herrscht eine Anziehungskraft, welche je ein Atom an das andere fesselt, und die es verhindert, daß die Atome auseinander fallen. Ein Stück Eisen, ein Stück Blei oder sonst ein Stück eines festen Körpers ist nur darum weniger oder mehr unzerbrechlich und unzertrennbar, weil alle kleinen Eisentheilchen oder Bleitheilchen oder sonst die Theilchen eines Körpers sich gegenseitig mit einer gewissen Kraft festhalten. Trotzdem aber wissen wir, daß diese einzelnen Theilchen nicht unverrückbar dicht an einander liegen, denn man kann Eisen, Blei

oder andere feste Körper durch Druck noch mehr an einander pressen. Demnach muß man annehmen, daß sich die Theilchen in einer gewissen Entfernung festhalten, also gegenseitig eine Anziehung auf einander ausüben.

Neben dieser Anziehung jedoch existirt, wie wir das schon gezeigt haben, in denselben Körpern auch zugleich eine Abstoßungskraft. Denn hat man Eisen zusammengepreßt und es gewaltsam kleiner gemacht, so dehnt es sich sofort wieder aus, wenn man den Druck aufhören läßt. Man muß also hieraus schließen, daß die Anziehungskraft zwischen einem Atom und dem andern nur bis zu einer gewissen Grenze geht und wenn man zwei Atome gewaltsam mehr einander nähert, wieder eine Abstoßung zwischen den Atomen thätig ist, die sich bestrebt, die Atome von einander in gewisser Weite entfernt zu halten.

Dies ist die eine Art der geheimen Anziehungskraft, die zugleich mit einer eben so geheimen Abstoßungskraft gepaart ist.

Wir haben sodann eine zweite Anziehungskraft kennen gelernt, die auf weite Entfernungen wirkt, wie z. B. die Anziehungskraft der Himmelskörper, der Sterne, der Planeten, der Erde, und haben auch gesehen, daß alle Massen in gleicher Weise dieselbe Kraft der Anziehung besitzen, die zwar mit der Entfernung abnimmt, aber immer noch wirksam ist. Von dieser Anziehungskraft kennen wir kein Beispiel, daß sie auch mit einer Abstoßungskraft gepaart sein sollte. Es bildet also diese Anziehungskraft, deren Grund ebenfalls ein Naturgeheimniß für uns ist, eine ganz andere Art von Naturkraft.

Wir haben ferner gesehen, daß Magnete eine Anziehungskraft besitzen, die bis auf einen gewissen Punkt mit der Massenanziehung viel Aehnlichkeit besitzt; allein die magnetische Kraft ist wiederum anders. Sie besitzt eine

Polarität, das heißt eine Eigenschaft, wodurch in dem magnetischen Körper eine gewisse Trennung seiner Kraft nach zwei Seiten hin stattfindet. Eine Magnetnadel hat wie jeder magnetische Körper zwei Pole und eigenthümlicherweise stoßen sich die gleichen Pole von zwei Magnetnadeln stets ab, während sich die ungleichen gegenseitig anziehen.

Viel Aehnlichkeit mit dieser magnetischen geheimen Kraft hat freilich die elektrische Kraft, denn auch diese theilt sich in Anziehung und Abstoßung; allein es findet wieder der große Unterschied zwischen Magnetismus und Elektrizität statt, daß der Magnetismus garnicht aus seiner Trennung in Pole herauszubringen, daß man z. B. mit aller Kunst es nicht dahin bringen kann, eine Magnetnadel herzustellen, die in ihrer ganzen Länge nur nordmagnetisch oder nur südmagnetisch ist, während man die Elektrizität mit größter Leichtigkeit trennen, und z. B. jeden beliebigen Körper sowohl positiv, wie auch negativ elektrisch machen kann, wenn man will. Es findet ferner auch noch der eigenthümliche Unterschied statt, daß der Magnetismus gewissermaßen fest sitzt an einem Körper, der ihn besitzt und nicht von dem einen Körper fortgenommen und in einen andern gebracht werden kann, während man mit der Elektrizität dies in der größten Leichtigkeit zu Wege bringt, und so zu sagen die Elektrizität in einem Körper beliebig ansammeln, entladen, auf einen andern Körper übergehen lassen kann, ja daß man im Stande ist, sie zu leiten bis auf Tausende von Meilen und sie zu handhaben als hätte man einen Stoff vor sich, den man von einem Gefäß ins andere gießen und durch beliebig lange Röhren hinfließen lassen kann, wohin man nur Lust hat.

Von all diesen Eigenthümlichkeiten, welche die bisher

vorgeführten geheimen Naturkräfte von einander unterscheiden, besitzt die chemische Kraft so gut wie garnichts.

Sie beruht auch auf einer Anziehungskraft; aber diese ist so eigenthümlich und hat so bestimmte eigene Gesetze, daß sie für den ersten Augenblick als eine ganz neue mit den vorigen Kräften garnicht in Verbindung stehende Kraft erscheint. Diese Eigenthümlichkeiten und Verschiedenheiten wollen wir nun vorerst genauer kennen lernen und sodann zu den Gesetzen kommen, welche die Naturwissenschaft im Stande gewesen ist, der geheimen Kraft der chemischen Anziehung abzulauschen. Wir werden sehen, daß diese Gesetze wiederum einen Weg bahnen, die Erkenntniß der Naturgeheimnisse dem menschlichen Forschergeist aufzuschließen.

XIV. Die besonderen Eigenthümlichkeiten der chemischen geheimen Kraft.

Vor allem zeigt sich die geheimnißvolle Anziehungskraft in der Chemie schon insofern auffallend verschieden von den bisherigen Kräften, als sie diesen Kräften gewissermaßen entgegenarbeitet.

Wir haben gesehen, daß Eisen sich mit Sauerstoff verbindet, daß also zwischen Eisen und Sauerstoff eine Art Anziehungskraft obwaltet, welche es macht, daß die festen Atome des Eisens sich loslassen und jedes Eisen-Atom für sich eine Portion Sauerstoff wählt, mit welcher es jetzt einen Körper bildet. Ein Stück Eisen, das wir mit aller Kraft nicht auseinander zu reißen vermögen und von dem wir annehmen müssen, daß seine Atome sich mit großer Gewalt an einander festhalten, zerfällt ohne

alle Kraftanstrengung in Rost, das heißt nichts anderes: es dringt, sobald die Umstände es gestatten, Sauerstoff hinein und trennt die Atome von einander.

Hieraus sollte man den Schluß ziehen, daß Eisen eine so starke chemische Anziehung auf Sauerstoff ausübt, daß die Anziehungskraft seiner eigenen Atome sich dagegen verliert; aber wunderbar genug äußert sich diese so große chemische Anziehung auch nicht im mindesten, sobald man nur das Eisen mit dem feinsten Schicht von Talg z. B. oder von sonst irgend einem trennenden Stoffe überzieht, der keinen Sauerstoff zuläßt. Hieraus nimmt man wahr, daß die chemische Anziehung nicht nur anderer Natur ist als die Anziehung der Atome fester Körper, sondern sie muß auch eine ganz andere als die Massenanziehung sein, von der wir wissen, daß sie auf Entfernungen wirksam ist.

Wir haben des leichtern Verständnisses halber das Rosten des Eisens als Beispiel für chemische Anziehung gewählt, weil wohl Jedermann schon das Rosten beobachtet hat. Es giebt aber noch viele andere Stoffe, an welchen wir diese Erscheinung hätten zeigen können; namentlich existirt ein Metall, das den Namen Kalium führt und silberähnlich aussieht, und dieses Metall hat eine so gewaltige Neigung sich mit Sauerstoff zu verbinden, daß man gar kein anderes Mittel besitzt, es davor zu schützen, als daß man es in Steinöl aufbewahrt, welches keinen Sauerstoff enthält. Trotzdem aber, daß die Anziehung zwischen Kalium und Sauerstoff ungeheuer groß ist, würde man doch vergebliche Versuche anstellen, um nachzuweisen, daß sie sich gegenseitig einander nähern, wenn man sie um ein Haar weit von einander entfernt hat. Füllte man z. B. eine Glaskugel mit Kalium und eine zweite mit Sauerstoff und legte sie im luftleeren Raume neben einander, so würden sich die Kugeln trotz der Anziehungskraft

ihrer Stoffe durchaus nicht zu einander bewegen, denn die chemische Anziehung ist selbst für die kleinste Entfernung unwirksam.

Wir sehen demnach, daß die chemische Anziehung durchaus von anderer Beschaffenheit sein muß als die Anziehung der Massen.

Noch weniger gleicht die chemische Anziehung irgendwie der magnetischen Anziehung. Von der magnetischen Anziehung wissen wir vor Allem, daß sie, wie die Massenanziehung auf Entfernungen wirksam ist, was bei der chemischen Anziehung nicht stattfindet. Ferner zeigt die chemische Anziehung nichts von Polarität, das heißt: sie theilt den Körper nicht in zwei Pole, wie es der Magnet thut. Endlich findet sich in der chemischen Anziehungskraft keine Erscheinung, welche sich in einem Stoffe gewissermaßen vertheilt, während dies im Magneten vollkommen der Fall ist. Eine Eisenstange, die man an einem Punkte magnetisch macht, wird durch die ganze Länge magnetisch; während das eine Ende einer Eisenstange ganz und gar einer chemischen Verbindung ausgesetzt werden kann, ohne daß das andere Ende irgendwie davon betroffen wird.

In noch größerem Maße verschieden ist die chemische Anziehungskraft von der, welche sich an der Elektrizität zeigt. Während die Elektrizität fortgeleitet werden kann von Ort zu Ort und im vollen Sinne des Wortes das bewegteste Element des Weltraumes zu sein scheint, ist die chemische Thätigkeit nur an den Ort gebannt, wo sie vorgeht. Man vermag sie durch nichts überzuleiten von einem Orte, wo sie stattfindet, auf einen andern. Man würde vergeblich von einem Gefäß, wo eine chemische Verbindung vor sich geht, Drähte oder sonst irgend etwas nach einem zweiten Gefäße leiten, um auch hier eine gleiche oder ähnliche Wirkung hervorzurufen.

Freilich findet ein sehr inniges Verwandtschaftsverhältniß zwischen allen diesen Kräften statt, wie wir das noch später sehen werden; für jetzt jedoch ist es zur Kenntniß der Thatsachen nothwendig, daß wir die besondere Art von geheimer Naturkraft, die in der Chemie zum Vorschein kommt, in ihrer besonderen Eigenthümlichkeit kennen lernen, und indem wir sofort zu den Hauptgesetzen der Chemie kommen werden, wollen wir hier noch folgende Bemerkungen vorausschicken.

Fast bei allen Naturkräften, die wir hier vorgeführt haben, existirt neben einer Anziehungskraft auch eine Kraft der Abstoßung; bei der Chemie ist dies nicht der Fall. Die Kraft, mit welcher ein Stoff einen andern, mit dem er sich verbinden will, anzieht, muß sehr groß sein. Wir kennen diese Größe der Kraft zwar nicht direkt, aber sie zeigt sich ganz unverkennbar darin, daß die chemische Kraft Metalle aus ihrem festesten Zusammenhange zu reißen und sie in Atome aufzulösen im Stande ist, um sie zu einer chemischen Verbindung zu bringen. Die Vernichtung des festen Zusammenhanges im Eisen, welche beim Rosten desselben stattfindet, diese Vernichtung geht nur langsam vor sich; aber man lege nur etwas Eisen, zum Beispiel eine Handvoll kleiner Nägel in ein Glas Wasser, worin man eine Portion Schwefelsäure hineingegossen und man wird eine chemische Auflösung des Eisens wahrnehmen, die sehr schnell vor sich geht. Auch hier beruht diese Auflösung auf einer chemischen Anziehung, und diese Kraft der Anziehung muß sehr bedeutend sein, da sie die Nägel, die wir mit den Fingern kaum zerbrechen können, mit Leichtigkeit und Schnelligkeit auflöst. Gleichwol jedoch ist neben dieser so starken Anziehungskraft noch nirgend eine chemische Abstoßungskraft herausgefunden worden. Während sich allenthalben in der Natur Kraft und Gegenkraft findet,

scheint dies in der Chemie nicht der Fall zu sein, wenigstens sind alle ihre Erscheinungen aus der einen Anziehungskraft zu erklären, ohne daß sie irgendwie eine Gegenkraft verrathen.

XV. Die Haupt-Erscheinungen der chemischen Kraft.

Wenn man sich das Eigenthümliche der chemischen Anziehung recht deutlich machen will, so hat man hauptsächlich Folgendes zu beachten.

Erstens: die chemische Anziehung ist eine Kraft, die allen Stoffen eigen ist.

Zweitens: Jeder einzelne Stoff hat zwar eine Neigung sich mit andern Stoffen zu verbinden; aber diese Neigung bleibt sich nicht gleich, sondern ist je nach den Stoffen verschieden.

Drittens: Die ursprüngliche Anziehung hört ganz und gar auf, sobald die chemische Verbindung vollendet und aus den früheren Stoffen ein bestimmter neuer Stoff geworden ist.

Viertens: Man findet bei einer nähern Untersuchung höchst merkwürdige Verbindungsverhältnisse heraus, welche darauf hinführen, daß alle chemischen Verbindungen der verschiedensten Stoffe auf einem und demselben Grunde beruhen müssen.

Wir wollen es versuchen, die hier angegebenen Eigenthümlichkeiten so deutlich wie möglich zu machen.

Wir haben gesagt, daß die chemische Anziehung eine geheime Kraft ist, die allen Stoffen in der Welt eigen sei. Wir verstehen hierunter Folgendes.

Alle Dinge, die wir in der Welt sehen, Holz, Stein, Erze, Sand, Kalk, Erde, Salze, Wasser, Luft, Pflanzen, Thiere, mit einem Worte alles, was uns nur irgendwie vor Augen kommt, ist chemisch untersucht worden und man hat herausgefunden, daß all die tausend und abertausend Dinge sammt und sonders nur aus etwa sechzig einfachen Stoffen zusammengesetzt sind, die man die chemischen Urstoffe oder chemischen Elemente nennt. Die ganze Natur ist aus diesen sechzig Urstoffen aufgebaut. Diese Urstoffe sind gewissermaßen die Bausteine der ganzen Schöpfung, und die geheime chemische Kraft ist so zu sagen der Baumeister, der aus diesen Bausteinen die Welt zusammenstellt.

Wenn man diesen Gedanken einmal durch ein recht kühnes Bild ausdrücken will, so kann man sagen: Der liebe Gott hat nur nöthig gehabt einige sechzig einfache Stoffe durch sein Schöpferwort zu schaffen und ihnen die in denselben liegende chemische Kraft zu geben; alles Uebrige, also die ganze Welt, wie sie jetzt gestaltet ist, konnte sich durch die Chemie schon von selber machen.

Diese sechzig einfachen Urstoffe, die man in jedem chemischen Werke verzeichnet findet, diese sind es, deren gegenseitige chemische Anziehungkraft man untersucht hat. Die gewöhnlichsten der sechzig Stoffe sind Sauerstoff, Stickstoff, Wasserstoff, Kohlenstoff, Schwefel, Phosphor, Kiesel und die ganze Reihe von Metallen, die wir im gewöhnlichen Leben alltäglich sehen, wie Zinn, Eisen, Zink, Blei, Kupfer, Silber, Gold ꝛc.

Wenn wir nun sagen, es existirt eine chemische Anziehungskraft zwischen diesen Stoffen, so heißt dies so viel, wie Folgendes. Jeder dieser Stoffe, z. B. Sauerstoff, verbindet sich unter Umständen mit jedem der andern Stoffe. Also Sauerstoff verbindet sich mit Stickstoff und bildet so Salpetersäure. Er verbindet sich auch mit Wasserstoff

und bildet Wasser. Er verbindet sich mit Kohlenstoff und bildet sodann Kohlensäure. Er verbindet sich mit Schwefel und bildet Schwefelsäure und so geht es fort, das heißt, er kann sich unter Umständen mit all den andern genannten Stoffen verbinden und bildet dann immer ganz etwas anderes.

Offenbar liegt diese Verbindungskraft des Sauerstoffes nicht in ihm allein, sondern sie liegt auch in jedem der andern Stoffe, die sich mit ihm chemisch verbinden. Wir können also in Wahrheit nicht sagen, daß die geheime Kraft der Anziehung, durch welche die chemische Verbindung hergestellt wird, nur in dem Sauerstoff allein, oder in dem anderen Stoffe allein vorhanden sei, sondern die Anziehungskraft ist nur das Verhältniß, das zwischen dem Sauerstoff und jedem andern Stoffe obwaltet. Die geheime Kraft liegt in beiden, oder noch richtiger in dem Verhalten der beiden Stoffe zu einander.

Da dies nun bei allen sechzig Urstoffen der Fall ist, so kann man mit Recht sagen, daß in jedem der Stoffe eine Kraft thätig ist, welche die chemische Anziehung bewirkt, sobald man ihm einen zweiten Stoff in gehöriger Weise darbietet. Da aber alle Dinge der Welt aus diesen sechzig Urstoffen zusammengesetzt sind, so folgt daraus, daß die eigentliche geheime chemische Kraft in allen Dingen der Welt liegt und in allen zur Erscheinung kommen kann und auch wirklich kommt.

Diese chemische Kraft ist es, in der alle Dinge der Welt sich gestalten und in der sie veralten. Sie baut Alles in der Welt auf und legt Alles wieder auseinander. Alles, was man im gewöhnlichen Leben verwittern, rosten, zerfressen, verbrennen, zerfallen, faulen, morsch werden, absterben, verwesen, auflösen nennt, ist nur eine Folge eines chemischen Vorganges, oder richtiger: eine Folge der

chemischen Anziehung, die sich geltend macht und gestaltete Dinge umgestaltet. Aber nicht minder ist alles, was man im gewöhnlichen Leben entstehen, sich bilden, keimen, wachsen u. s. w. nennt, auch nur eine Folge der chemischen Kraft, die immerfort und immerfort in allen Dingen der Welt in ununterbrochener Thätigkeit ist.

Man wird hiernach einsehen, daß die geheime chemische Kraft eine Hauptrolle in der Welt spielt, ja daß sie die Weltgestaltung in sich trägt und daß sie wol verdient, daß man einiges Nachdenken auf sie und ihre Gesetze verwendet.

Für jetzt also haben wir es deutlich gemacht, daß die chemische Anziehung eine Kraft ist, die in allen Stoffen und eigentlich in allen Dingen der Welt vorhanden ist; wir wollen es nunmehr deutlich machen, wie sonderbar und eigenthümlich verschieden diese Kraft in ihrer Neigung bei verschiedenen Stoffen ist.

XVI. Die chemische Verwandtschaft oder Neigung.

Nachdem wir gesehen haben, daß die geheime chemische Kraft der Anziehung in allen Urstoffen der Welt vorhanden ist, und wir diesem Grundsatz noch die Versicherung hinzufügen können, daß es auch nicht einen einzigen Stoff in der Welt giebt, der nicht mit einem andern eine Verbindung einzugehen bereit ist, wenn eben der andere nur der für ihn passende ist, so wollen wir jetzt einmal sehen, wie verschieden diese chemische Kraft in verschiedenen einzelnen Stoffen obwaltet, und wie es daher rührt, daß nicht nur die seltsamsten und wunderbarsten Verbindungen zu

Stande kommen, sondern daß auch aus diesen Verbindungen die wunderlichsten und unerwartetsten Dinge von der Welt werden.

Zwischen je zwei chemischen Urstoffen findet immer eine chemische Anziehungskraft statt; aber die Stärke dieser Anziehungskraft ist außerordentlich verschieden.

Wir haben es schon erwähnt, daß Eisen eine große Neigung besitzt, sich mit Sauerstoff zu verbinden und Rost zu bilden. Es waltet also zwischen Eisen und Sauerstoff eine Art Liebe ob, die sie zwingt, eine eigenthümliche Ehe zu schließen und etwas ganz anderes zu werden, als sie ursprünglich waren. Allein es giebt Stoffe, deren Neigung zum Sauerstoff noch größer ist als die des Eisens, oder um uns wieder bildlich auszudrücken, die noch begieriger sind eine Ehe mit dem Sauerstoff einzugehen, und diese Begierde ist oft so groß, daß gewisse Stoffe unter gewissen Umständen den Sauerstoff aus dem Rost herausholen, um sich mit ihm zu verbinden und das Eisen gewissermaßen aus der Ehe zu treiben.

Wir haben es schon erwähnt, daß dies in einem Hoch-Ofen geschieht. Wenn in einem solchen Ofen, der in Eisen-Bergwerken gebräuchlich ist, die mit dem Rost vermengte Kohle zu glühen anfängt, so entsteht eine so ungemeine Liebschaft zwischen dem Sauerstoff im Rost und der brennenden Kohle, daß der Rost zerlegt wird. Der Sauerstoff verläßt den bisherigen Gatten, das Eisen, und geht eine neue Ehe ein mit der Kohle um Kohlensäure zu bilden und das Eisen des Rostes kommt rein und ohne Sauerstoff aus dem Ofen herausgeflossen.

Hieraus sieht man, daß die chemische Anziehungskraft zwischen Kohle und Sauerstoff unter Umständen z. B. beim Glühen größer ist als zwischen Eisen und Sauerstoff. In der That kann man Eisen vor dem Rosten schützen, wenn

man es in trockener fein gepulverter Kohle verwahrt. Eine noch stärkere Liebschaft besteht zwischen Sauerstoff und dem Metall Kalium, das wir bereits erwähnt haben. Ja, diese Liebschaft ist so groß, daß man ein Stückchen Kalium gar nicht an die Luft bringen darf, denn ehe man sich's versieht, ist dies blanke silberhelle Metall durch Verbindung mit dem Sauerstoff der Luft in eine weiße krümlige Masse, die man Kali nennt, verwandelt, und läßt man dieses noch länger in der Luft, so wird sogar das Kali feucht und zerfließt endlich wie naßgewordener Zucker.

Wenn man sich also eine richtige Vorstellung von der Anziehungskraft, die zwischen zwei chemischen Stoffen waltet, machen will, muß man sagen: die Anziehungskraft ist zwar immer vorhanden zwischen je zwei chemischen Urstoffen. Wenn die Umstände diese Anziehungskraft begünstigen, entsteht aus diesen zwei Urstoffen ein ganz anderes Ding, das oft nicht die mindeste Aehnlichkeit mit den Urstoffen hat. Aber diese Anziehungskraft ist nicht immer gleich bei allen Urstoffen, sondern es waltet zwischen je zwei Urstoffen bald eine größere, bald eine schwächere Anziehung ob.

Indem wir später dem Grunde dieser Erscheinung nachspüren wollen, um uns diese Eigenthümlichkeit der Stoffe einigermaßen zu erklären, wollen wir für jetzt einmal in Betracht ziehen, wie so eigenthümliche Dinge aus den Verbindungen zweier Stoffe hervorgehen.

Wir haben es schon erwähnt, daß aus einer chemischen Verbindung von Sauerstoff und Stickstoff die Salpetersäure entsteht; ferner wissen wir bereits, daß aus einer Verbindung von Sauerstoff und Wasserstoff Wasser hervorgeht.

Was Wasser ist, weiß jeder Mensch. Alles Wasser der Welt, unser Trink-, Brunnen-, Fluß- und Regen-

wasser ist nichts anderes als eine chemische Verbindung von zwei Luftarten, von Sauerstoff und Wasserstoff. — Viele werden auch wol wissen, was die Salpetersäure für eine eigene Flüssigkeit ist. Sie ist eine äußerst beizende Flüssigkeit von höchst saurem Geschmack, so daß ein paar Tropfen hinreichen, ein Glas Wasser sauer schmeckend zu machen. Sie ist so ätzend, daß man fast alle Metalle in derselben auflösen kann. Taucht man ein wenig Baumwolle in ganz reine Salpetersäure und läßt sie auch nur eine Sekunde darin, so wird sie die bekannte Schießbaumwolle. Man kann sie dann stundenlang auswässern und mit Wasser waschen, die Baumwolle wird, wenn sie trocken ist, noch heftiger wie Schießpulver abbrennen, sobald man nur ein Fünkchen daran bringt. Man sieht also, die Salpetersäure ist ein ganz anderes Ding als Wasser.

Nun aber wissen wir, daß in beiden, sowol im Wasser wie in der Salpetersäure Ein Stoff ganz derselbe ist, nämlich der Sauerstoff. Sie unterscheiden sich nur darin, daß in dem einen, im Wasser, Wasserstoff, während in der Salpetersäure Stickstoff vorhanden ist. Wenn man nun sieht, wie das Wasser so milde und die Salpetersäure so brennend und ätzend ist, so könnte man auf den Gedanken kommen, daß diese Eigenthümlichkeiten nur von den Eigenschaften des Wasserstoffs und des Stickstoffs herrühren müssen. Man sollte meinen, der Wasserstoff mache das Wasser so milde, so unschuldig, während der Stickstoff daran Schuld haben muß, daß die Salpetersäure so gefährlich und heftig wirkend ist. — Das aber ist ein großer Irrthum!

Wer sich hiervon überzeugen will, der denke sich nur einmal, was wol entstehen müßte aus einer Verbindung von Wasserstoff und Stickstoff. Gewiß glaubt der Unkundige, daß hieraus so eine Art wässrige Salpetersäure oder

dergleichen halb unschuldiges Ding entsteht; aber er kaufe sich nur zum Spaß aus der Apotheke für einen Sechser Ammoniak und rieche daran, und er wird merken, daß aus den zwei Stoffen, die er schon die Ehre hatte, im Wasser und in der Salpetersäure kennen zu lernen, etwas ganz anderes als diese Dinge geworden ist.

Eine weitere Betrachtung wird uns aus diesem leicht faßlichen Beispiel manchen interessanten Blick in die Geheimnisse der Stoffe und ihrer Verbindungen thun lassen.

XVII. Wie sonderbar oft die Resultate chemischer Verbindungen sind.

Wenn man sieht, wie man aus den drei genannten chemischen Urstoffen, aus Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff so ganz besondere drei Flüssigkeiten machen kann, die mit einander nicht die mindeste Aehnlichkeit haben, so kann man so recht bemerken, was es mit der chemischen Kraft für eine ganz eigene Bewandniß hat, und daß hier ein Geheimniß ganz eigenthümlicher Art dahinter stecken muß.

Sauerstoff und Wasserstoff in chemischer Verbindung geben Wasser. Aber weder der Sauerstoff allein, noch der Wasserstoff allein hat die mindeste Aehnlichkeit vom Wasser. Beides sind Luftarten, von denen die eine, der Sauerstoff, von uns mit jedem Athemzug eingeathmet wird; die andere, der Wasserstoff, ist eine Luftart, die, wenn sie angezündet wird, mit großer Hitze brennt. Hat man in einer Schweinsblase Sauerstoff, in einer zweiten Wasserstoff und läßt man beide Gase durch feine Röhrchen ausströmen, so daß der Wasserstoff durch den Strom von Sauerstoff strömt, so braucht man nur den Wasserstoff mit einem Zündhölzchen

anzustecken, um den höchsten Grad von Hitze zu erhalten, der bisher erzeugt werden konnte. Man nennt diese Mischung Knallgas und in der schwachen wenig leuchtenden Flamme des Knallgases schmilzt nicht nur Glas, als ob es Wachs wäre, sondern der härteste Stahl brennt darin so lebhaft, daß die Funken nach allen Seiten herumsprühen. Und doch ist die chemische Verbindung dieser beiden Luftarten nichts als Wasser, ganz gewöhnliches Wasser, das nicht brennt und die Verbrennung nicht befördert, sondern gerade gebraucht wird, um Feuer zu löschen. —

Sauerstoff und Stickstoff sind beides Luftarten. Ja diese zwei Luftarten sind die Bestandtheile unserer gewöhnlichen Luft, in welcher wir leben und athmen. Alle Luft, welche die Erde umgiebt und alles erfüllt, was wir in und an uns haben, besteht aus vier Theilen Stickstoff und einem Theile Sauerstoff. Zum Glück sind diese beiden Stoffe in der Luft nicht chemisch verbunden, sonst würde die Luft nicht Luft, sondern eine höchst ätzende brennende furchtbare Flüssigkeit, sie würde Salpetersäure sein, die alles Leben zerstören würde. Bekäme die Luft der Erde einmal irgend welchen Zustand, der eine chemische Verbindung der beiden Luftarten, aus denen sie besteht, zu Wege bringt, so würde ein Meer von Salpetersäure die Erde überschwemmen und alles Leben und Dasein auf derselben vernichten. Hier kann man so recht sehen, welch ein Unterschied es ist ob zwei Urstoffe nur mit einander vermischt sind, wie es mit dem Sauerstoff und Stickstoff in der Luft der Fall ist, oder ob sie chemisch verbunden sind, wie es in der Salpetersäure stattfindet. Ohne Zweifel ist es eine eigne wunderbare Kraft, welche zwei so unschädliche, ja für das Leben so wichtige Stoffe derart in der Salpetersäure verbindet, daß sie eine Flüssigkeit

bilden, die an sich gar keine Aehnlichkeit mehr mit den Urstoffen hat.

Nimmt man aber den einen Bestandtheil des Wassers, den Wasserstoff, und den einen Bestandtheil der Salpetersäure, den Stickstoff, und bringt eine chemische Verbindung zwischen ihnen zu Wege, so bilden sie Ammoniak, das eigentlich auch ein Gas von so durchdringendem stechendem Geruch, daß es vollkommen unerträglich ist und selbst dort, wo es schon mit Wasser bedeutend geschwächt ist, wie in dem Ammoniak, den man in der Apotheke kaufen kann, so in die Nase steigt, oder richtiger die Geruchsnerven reizt, daß Einem die Thränen eine ganze Weile aus den Augen fließen.

Wenn wir dem noch die Versicherung hinzufügen, daß die Eigenschaften des Ammoniaks gerade die entschieden entgegengesetzten der Salpetersäure sind, so läßt es sich schon hieraus erkennen, daß es ganz was Eignes ist mit der Kraft der Chemie. Sie schafft in der Verbindung der Urstoffe Dinge, die gar nichts mehr mit den Urstoffen gemein haben; wie denn der Versuch gezeigt, daß man Wasserstoff mit Stickstoff gemischt ohne die mindeste Beschwerde einathmen kann und daß sie im reinen Zustand einzeln und auch in Mischung ganz geruchlos sind.

Will man nun einen Blick hinter das Geheimniß der Chemie thun, so muß man nicht nur auf das achten, was wir bereits angeführt haben, nämlich auf die größere und schwächere Neigung, die zwischen zwei Stoffen besteht, um sich zu einem neuen Ding zu verbinden, sondern man hat auch auf die Umstände Rücksicht zu nehmen, unter welchen die Verbindung möglich wird, denn von diesen Umständen hängt oft der hauptsächliche Vorgang der Verbindung ab.

Indem wir nun im nächsten Abschnitt von dieser Neigung zur Verbindung sprechen und einige der Umstände anführen

werden, die nöthig sind, um die chemische Anziehungskraft wirksam zu machen, wollen wir hier nur noch einige auffallende Thatsachen anführen, um zu zeigen wie die chemische Kraft merkwürdige Veränderungen der Stoffe hervorbringt.

Vom Stickstoff wissen wir schon, daß er ein ganz unschädlicher Stoff ist; vom Kohlenstoff wissen wir ein Gleiches, denn Kohlenstoff ist eigentlich nichts als reine Kohle, und doch giebt eine Verbindung von Kohlenstoff und Stickstoff ein Gas, das den Namen Cyan hat und sehr giftig wirkt. Kommt aber zu diesem noch Wasserstoff hinzu, das sonst so unschädlich ist, so entsteht daraus die schreckliche Blausäure, die das furchtbarste Gift ist, das man kennt, da es fast augenblicklich tödtlich wirkt. Gelingt es aber, einem so Vergifteten schnell Ammoniak beizubringen, so ist die Rettung noch möglich, obgleich Ammoniak auch nichts als Stickstoff und Wasserstoff ist, die ja Bestandtheile der Blausäure sind!

Die zerstörende Kraft des Chlors ist bekannt, da man oft genug klagen hört, daß das jetzt eingeführte Bleichen mit Chlor die Zeuge zerstöre. Chlorgas eingeathmet, wirkt erstickend. Ferner ist Natrium ein Metall, das tödtlich wirkt, wenn man ein Stückchen davon verschluckt. Und diese beiden gefährlichen Dinge, Chlor und Natrium, verbinden sich chemisch und bilden das Kochsalz, von dem wir täglich gar nicht wenig verschlucken und das für die Ernährung im höchsten Grade wohlthätig ist! — Die chemische Verbindung macht also auch schädliche Stoffe unschädlich.

XVIII. Die Umstände, unter welchen chemische Anziehungen stattfinden.

Da wir nun wissen, daß die geheime Kraft der chemischen Anziehung zwar in allen Stoffen vorhanden ist, daß sie aber nicht in jeden beliebigen zwei Stoffen gleich stark waltet, daß z. B. zwischen Kalium und Sauerstoff eine ungeheuer starke chemische Anziehungskraft thätig, daß sie zwischen Eisen und Sauerstoff schon schwächer ist, daß sie zwischen Silber und Sauerstoff noch weniger vorwaltet, — so läßt es sich denken, daß man eine ganze Reihe aufführen kann, um zu zeigen, wie stark oder wie schwach die Anziehung ist, die zwischen dem Sauerstoff und allen übrigen sechzig Urstoffen obwaltet.

Eine solche Reihe könnte man so aufführen, daß man mit demjenigen Urstoffe anfinge, der am wenigsten Lust hat, sich mit Sauerstoff zu verbinden, sodann der Reihe nach diejenigen Stoffe folgen ließe, die immer mehr und mehr diese Lust bezeigen, bis man zu denjenigen Stoffen gelangte, deren Neigung zum Sauerstoff sehr groß ist und zum Schluß endlich zum Kalium käme, das wie gesagt die allerstärkste Neigung zum Sauerstoff hat.

Gesetzt, man wäre im Stande, eine solche Reihe mit Genauigkeit aufzustellen, so besäße man eine Tabelle für die Stärke der chemischen Verbindungen, welche der Sauerstoff mit allen übrigen Stoffen eingeht, und es wird Jeder einsehen, daß solch eine Tabelle sehr interessant und lehrreich sein müßte.

Allein es hat leider seine große Schwierigkeit, eine solche Tabelle genau herzustellen; denn es hängt die chemische Verbindung eines Stoffes mit Sauerstoff nicht nur von der in beiden wohnenden Anziehungskraft ab, sondern auch noch von den Umständen, unter welchen die beiden

Stoffe zu einander gebracht werden. — Ein Beispiel, das wir erwähnt haben, wird das, was wir meinen, sehr deutlich machen.

Wir haben schon die allbekannte Thatsache erwähnt, daß Eisen so leicht rostet, das heißt, daß es sich so sehr leicht mit dem Sauerstoff der Luft verbindet. Nun aber wird schon Jedermann selber die Erfahrung gemacht haben, daß das Rosten sehr schnell vor sich geht in feuchter Luft, z. B. im Keller, während man im trockenen Zimmer Wochen lang ein Messer liegen lassen kann, ohne daß es rostet. Schon hieraus sieht man, daß der Umstand der Feuchtigkeit der Luft wesentlich dazu beiträgt, die Anziehungskraft zwischen Eisen und Sauerstoff zu befördern. — Nun wissen wir aber auch schon, daß man im Hoch-Ofen durch Glühen des Rostes mit Kohle das reine Eisen aus dem Rost gewinnen kann, indem der Sauerstoff des Rostes das Eisen verläßt und sich zur Kohle begiebt, um mit ihr Kohlensäure zu bilden. — Hieraus sollte man nun schließen, daß der Sauerstoff mehr Lust hat, sich mit der Kohle zu verbinden als mit dem Eisen; das aber ist durchaus nicht der Fall, denn es kommt eben auf die Umstände an.

Ein Stück Kohle kann Jahrelang in der Luft liegen, ohne daß es sich mit dem Sauerstoff der Luft verbindet, während ein Stück Eisen die Verbindung schnell genug im Rosten eingeht; bringt man aber die Kohle an ein brennendes Licht, so daß sie zu glühen anfängt, so fängt augenblicklich die Verbindung der Kohle mit dem Sauerstoff der Luft an, und sie verwandelt sich in Kohlensäure mit der größten Leichtigkeit von der Welt.

Die Kohle hat also Lust sich mit Sauerstoff zu verbinden; allein hierzu muß sie einer großen Hitze ausgesetzt sein, sie muß angebrannt werden, es sind also Umstände nöthig, um die Liebschaft zwischen Kohle und Sauerstoff

zum Ausbruch zu bringen, was beim Eisen nicht der Fall ist.

Vielleicht könnte man hieraus schließen wollen, daß die chemische Anziehungskraft eine Art Liebschaft sei, die gerade durch die Hitze immer zunimmt; das wäre aber wieder fehlgeschossen, denn wir sehen es ja, daß die Hitze im Hoch-Ofen gerade die Liebschaft zwischen dem Eisen und dem Sauerstoff aufhebt, also schwächt und nicht verstärkt! —

Um zu sehen, wie sehr die chemische Anziehungskraft von Umständen herrührt, brauchen wir nur daran zu erinnern, daß in Pulverfabriken, wo man feingemahlenes Kohlenpulver lange gehäuft übereinander liegen ließ, dieses Kohlenpulver sich oft schon von selber in Brand gesetzt hat, und zwar rein durch die Anziehung des Sauerstoffs, den jedes Kohlenstäubchen in sich auffsaugt, verdichtet und festhält. Bei dieser Selbstentzündung, die oft die größten Gefahren herbeigeführt hat, geräth der ganze Haufen Kohlenstaub in Brand und verwandelt sich sammt dem Sauerstoff der Luft in Kohlensäure.

Schon diese eine Vergleichung zwischen Eisen und Kohle in ihrem Verhältniß zum Sauerstoff wird es beweisen, daß es seine Schwierigkeit haben muß, zu sagen, ob der eine oder der andere Stoff größere Neigung zum Sauerstoff hat; denn außer dieser Neigung spielen die Umstände, unter welchen chemische Verbindungen vor sich gehen, die größte Rolle und diese Umstände sind oft so verschieden, daß man sie garnicht mit einander vergleichen kann. —

Gleichwol hat sich die Wissenschaft nicht abschrecken lassen von der Schwierigkeit, welche die Umstände bieten und hat eine solche Tabelle der Neigungen herausstudirt und herausprobirt; denn diese Tabelle ist, wie wir zeigen

werden, von der allergrößten Wichtigkeit, wenn man hinter die Geheimnisse der Natur kommen will.

Wenn man die einzelnen Umstände, unter welchen chemische Verbindungen vor sich gehen, genauer erwägt, so ergiebt sich aus ihnen eine Art Uebersicht über den Zustand, in welchem zwei chemische Stoffe sich befinden müssen, um die in ihnen schlummernde Neigung zu äußern, und deshalb wollen wir einige Fälle des Beispiels halber hier aufführen; denn wir werden später sehen, daß diese Fälle die Möglichkeit gewähren, einen Blick in die Geheimnisse der Natur zu werfen.

Wir wissen schon, daß Eisen in feuchter Luft schneller rostet als in trockener, das heißt: die Verbindung zwischen dem Sauerstoff der Luft und dem Eisen wird durch die Feuchtigkeit der Luft befördert. Es wirkt also nicht die Anziehung der Stoffe allein, sondern auch der Zustand, in welchem die Stoffe sich befinden, auf die Verbindung derselben.

Wir wissen ferner, daß Kohle zwar Luftarten in sich einsaugt, ohne immer eine chemische Verbindung mit der Luftart einzugehen; dahingegen braucht man Kohle nur anzuzünden, das heißt zu erhitzen und sofort geht sie eine schnelle Verbindung mit dem Sauerstoff der Luft ein und verwandelt sich mit dieser in Kohlensäure. Also hier sehen wir, daß die Feuchtigkeit der Luft keine Rolle spielt, sondern umgekehrt die Hitze ist die Kupplerin, welche die schnelle Ehe zwischen Kohle und Sauerstoff zu Wege bringt.

In vielen Fällen muß man, um eine chemische Verbindung zu Stande zu bringen, mindestens einen der Stoffe als Flüssigkeit anwenden. In manchen Fällen ist es nöthig, die Wärme zu steigern, um eine chemische Verbindung herbeizuführen; in manchen Fällen dagegen trennen sich

zwei Stoffe aus ihrer chemischen Verbindung, wenn man sie erwärmt.

Sehr wunderbar ist die Einwirkung des Sonnenlichtes auf einzelne chemische Verbindungen, namentlich auf solche, in welchen Chlor oder Jod eine Rolle spielt. Das Chlor hat die Eigenschaft, alle Farben zu zerstören, weshalb man es zum Bleichen der Zeuge anwendet, wozu man sich sonst des Sonnenlichtes bediente. Schon dieser Umstand deutete darauf hin, daß das Sonnenlicht die Stoffe chemisch verändert, indem es ähnlich wie ein chemischer Stoff, das Chlor wirkt. Wenn man nun durch die Forschungen der neuern Zeit ziemlich sicher weiß, daß das Sonnenlicht nicht eine Art Stoff, der von der Sonne durch den ganzen Weltraum ausströmt, sondern nur eine Erscheinung ist, von der die Sonne die Ursache ist, so kann man sich die Einwirkung des Sonnenlichtes auf chemische Stoffe nur dadurch erklären, daß man annimmt, es versetze das Sonnenlicht die Stoffe in einen eigenthümlichen Zustand, welcher auf die chemische Verbindung von Einfluß ist. — Vor wenigen Jahren noch wußte man von dieser Einwirkung des Lichtes auf den chemischen Zustand gewisser Stoffe sehr wenig; nur das Bleichen der Wäsche im Sonnenlicht, die Rasenbleiche, war eine bekannte Thatsache; gegenwärtig jedoch, wo man allenthalben, fast in jeder Hütte schon Lichtbilder, Daguerreotypen, Photographien findet, jetzt hat man Gelegenheit zu sehen, welche wunderbare Wirkungen das Sonnenlicht auf chemische Stoffe hervorzubringen vermag, denn die ganze Kunst, Lichtbilder anzufertigen, ist eine rein chemische Operation.

Am interessantesten ist noch ein Umstand, der uns gleichfalls lehrt, wie eigenthümlich oft der Zustand der Stoffe sein muß, wenn man sie zu einer chemischen Verbindung bringen will.

Es giebt Stoffe, die man nur dann zu einer chemischen Verbindung bewegen kann, wenn man sich gewissermaßen auf die Lauer legt und den Augenblick abwartet, wo sie eben erst aus einer chemischen Verbindung freigelassen worden sind. Bietet man ihnen in diesem Augenblick Gelegenheit eine neue Verbindung einzugehen, so geschieht es schnell und leicht; läßt man ihnen aber Zeit, so hört die Lust, eine chemische Verbindung einzugehen, auf.

Einige Beispiele derart bietet sowol die Entstehung der Salpetersäure, wie die des Ammoniak und auch in vielen Fällen die Entstehung des Wassers.

Wie wir wissen, besteht die Salpetersäure aus Sauerstoff und Stickstoff. Der Sauerstoff ist seiner Natur nach sehr verbindungslustig; allein der Stickstoff ist außerordentlich träge in dieser Beziehung, und das ist ein Glück, sonst würde sich oft in der Luft, die ja aus Sauerstoff und Stickstoff besteht, Salpetersäure bilden. Braucht man aber Salpetersäure, und das ist eben sehr vielfach in jetziger Zeit der Fall, so muß man den Moment abwarten, wo in irgend einem chemischen Vorgang gerade der Stickstoff aus einer frühern chemischen Verbindung verdrängt wird, und führt man ihm in diesem Augenblick den Sauerstoff zu, so geschieht die chemische Verbindung des Sauerstoffs und Stickstoffs ohne alle Schwierigkeit.

Dieses Ablauern des Stoffes, um ihn sofort wieder einfangen zu können, geschieht bei der Bereitung des Ammoniak in noch höherem Grade. Der Ammoniak, der aus Wasserstoff und Stickstoff besteht, bildet sich nur dann, wenn man einerseits Wasserstoff und andererseits Stickstoff aus ihren alten Verbindungen treibt und die eben erst freiwerdenden Stoffe ohne Zeitverlust zu einander führt. Man muß hier beiden Stoffen auflauern, um den Moment nicht zu verpassen.

Auch Wasser, das aus Sauerstoff und Wasserstoff besteht, bildet sich nicht, wenn man beide Gase zu einander bringt; dahingegen entsteht es bei unzähligen chemischen Operationen, wenn beide Gase im Entstehungsmoment, wo sie eben anderweitige Verbindungen verlassen haben, an einander gerathen.

Offenbar liegt ein Geheimniß eigener Art all den Zuständen zu Grunde, unter welchen chemische Verbindungen und Lösungen vor sich gehen, und wir haben Grund, diese chemischen Geheimnisse mit zu den geheimen Kräften der Natur zu zählen.

XIX. Eine Reihenfolge der chemischen Neigungen.

Nachdem wir einige Umstände kennen gelernt haben, die einen großen Einfluß auf die chemische Verbindung ausüben, wird es Jedem klar werden, daß es eine große Schwierigkeit hat, genau zu bestimmen, ob der eine oder der andere Stoff sich leichter mit einem dritten verbindet, und welche zwei dieser Stoffe also eine größere Anziehungskraft auf einander ausüben.

Trotzdem jedoch hat die Naturforschung es so weit gebracht, mit ziemlicher Sicherheit die Größe der chemischen Anziehung zwischen je zwei Urstoffen bestimmen zu können.

Nehmen wir wieder einmal den Sauerstoff als den ersten Stoff an, weil er mit allen anderen Stoffen am leichtesten Verbindungen eingeht und weil er in der Natur eine so große chemische Rolle spielt, so weiß man es jetzt, daß er so gut wie gar keine Neigung hat, sich mit Chlor zu verbinden. Eine stärkere Neigung besitzt der Sauerstoff schon zu Schwefel, mit dem er die bekannte Schwefel-

säure bildet. Noch leichter verbindet er sich mit Phosphor zu Phosphorsäure und wiederum unter Umständen noch leichter mit Stickstoff zu Salpetersäure. Noch leichter ist seine Verbindung mit Kohlenstoff, um Kohlensäure zu bilden. Die Neigung des Sauerstoffs zum Wasserstoff ist wiederum stärker als die der bisher genannten Stoffe. Die Neigung wächst nun immer mehr, je mehr wir uns den Metallen nähern. Seine Verbindung mit Gold und Platin ist stärker als die mit Wasserstoff. Mit Silber verbindet sich Sauerstoff heftiger. Zum Kupfer hat er noch stärkere Neigung, zum Zink ist die Neigung wiederum bedeutender, zum Eisen ist sie schon sehr stark, zum Natrium ist sie außerordentlich stark und am allerstärksten ist die Neigung zwischen Sauerstoff und Kalium.

Wir sind demnach schon im Stande, eine Reihe aufzuführen, in welcher jeder folgende Stoff eine immer bedeutendere Neigung hat, sich mit Sauerstoff zu verbinden, und diese Reihe von den genannten Stoffen würde demnach folgendermaßen lauten:

Chlor, Schwefel, Phosphor, Stickstoff, Kohlenstoff, Wasserstoff, Gold und Platin, Silber, Kupfer, Zink, Eisen, Natrium, Kalium.

Wir haben freilich nur die bekanntesten chemischen Urstoffe hier aufgeführt, während wir viele weniger bekannte mit Stillschweigen übergangen haben; allein auch bei diesen bekannten Stoffen dürfen wir nicht vergessen, daß die Umstände, unter welchen sie Verbindungen mit dem Sauerstoff eingehen, sehr verschieden sind, und daß demnach die Sicherheit der genannten Reihe noch nicht ganz fest steht.

Aber in dieser Reihe von Stoffen, die wir hier aufgeführt haben, zeigt sich etwas höchst Merkwürdiges, das einen Einblick in das Wesen der Naturgeheimnisse der Chemie gestattet.

Die Reihe sollte ja eigentlich nur für Verbindungen jedes dieser Stoffe mit Sauerstoff gelten, sie gilt aber auch für fast jeden andern dieser Stoffe. Nehmen wir beispielsweise den ersten der genannten Stoffe, das Chlor, so finden wir, daß auch dies sich am liebsten mit Kalium verbindet, welches der letzte Stoff der Reihe ist. Zunächst leicht verbindet sich Chlor mit Natrium, in welcher Verbindung es unser gewöhnliches Kochsalz bildet. Gehen wir in dieser Reihe weiter rückwärts, so kommen wir erst auf Eisen, dann auf Kupfer, Silber, Gold, Wasserstoff und Kohlenstoff. Mit all diesen Stoffen verbindet sich Chlor; aber wenn ihm die Wahl gelassen wird, verbindet es sich immer lieber mit einem Stoff, der in der genannten Reihe weiter von ihm absteht als mit einem, der ihm nahe steht. Also Chor verbindet sich lieber mit Eisen als mit Zink, lieber mit Zink als mit Kupfer, lieber mit Kupfer als mit Silber 2c., so daß es sich mit Kohlenstoff schon sehr schwer verbindet und zu dieser Verbindung, die in der Medizin gebraucht wird, schon das Einwirken des Sonnenlichtes zu Hilfe gerufen werden muß, weil sie ohne dessen Einwirkung nicht zu Stande kommt. — Mit dem neben dem Chlor stehenden Schwefel, Phosphor und Stickstoff kann man keine Verbindung mit dem Chlor zu Wege bringen, so daß wir hier sehen, wie diese Reihe nicht nur für den Sauerstoff, für welchen sie ja ursprünglich aufgestellt worden ist, Bedeutung hat, sondern auch für Chlor.

Das Merkwürdige geht aber noch weiter. Auch der zweite Stoff in der genannten Reihe, auch der Schwefel verbindet sich nicht mit dem ihm nebenstehenden Phosphor, auch nicht mit dem darauf folgenden Stickstoff und Kohlenstoff; wol aber mit dem Wasserstoff, wo er das bekannte übelriechende „Schwefelwasserstoffgas“ bildet, das man in faulen Eiern riecht. Mit den folgenden Stoffen aber,

die noch entfernter in der Reihe von ihm abstehen, verbindet er sich nun immer leichter und inniger, je weiter man in der Reihe kommt, so daß die Neigung zur Verbindung der Reihe nach zunimmt, bis endlich wieder Schwefel-Kalium die stärkste Verbindung ist, die man mit Schwefel hervorrufen kann.

Aehnlich verhält es sich mit dem dritten Stoff der angeführten Reihe, dem Phosphor. Er verbindet sich garnicht oder nur äußerst schwer mit Stoffen, die in der Reihe neben ihm stehen, wol aber stärker und immer stärker mit Stoffen, die ihm der Reihe nach entfernt und entfernter aufgeführt sind.

Da die Reihe von uns nur sehr lückenhaft aufgeführt worden ist, so können wir auch hier die weiteren Merkwürdigkeiten derselben nicht näher ausführen. Wir hoffen aber, daß unsere Leser uns Glauben schenken, wenn wir versichern, daß eine weiter ausgeführte Reihe mehr Merkwürdigkeiten derart zeigt, und eine Bedeutung für die Verbindungen aller Stoffe mit einander hat, obgleich wir ja wissen, daß wir die Reihe nur anfangs anlegten, um zu sehen, wie es um die Verbindung der einzelnen Stoffe mit dem Sauerstoff steht.

Diese merkwürdige Eigenthümlichkeit kann unmöglich zufällig sein, und sie ist es auch nicht, sondern man hat Grund zu vermuthen, daß ein allgemeines Naturgesetz hier geheim waltet, das mit dem Geheimniß der chemischen Verbindungskraft in genauem Zusammenhang steht.

Wir werden sehen, daß man diesem Geheimniß schon mit Glück nachgespürt hat!

XX. Wie die größte chemische Neigung gerade zwischen sich unähnlichen Stoffen besteht.

Wenn wir uns die Reihe der chemischen Urstoffe vergegenwärtigen, die wir im vorigen Kapitel angeführt haben, so ergiebt schon der flüchtige Blick, daß immer die neben einanderstehenden Stoffe eine gewisse Aehnlichkeit mit einander haben, während die am weitesten aus einander stehenden sich am unähnlichsten sind.

Theilen wir uns nun die Reihe etwa so, daß wir den Wasserstoff als die Mitte derselben betrachten, so sehen wir auf der einen Seite lauter Metalle, auf der andern Seite fast lauter Stoffe, die am wenigsten Aehnlichkeit mit Metallen haben, wie z. B. Sauerstoff, Chlor, Schwefel, Phosphor u. s. w. Da aber gerade die Stoffe der einen Seite am leichtesten und schnellsten chemische Verbindungen eingehen mit Stoffen der andern Seite, so ergiebt schon der flüchtige Blick, daß die chemische Verbindung etwas ganz Eigenthümliches hat; denn es geht daraus hervor, daß nicht etwa die ähnlichen Stoffe auf einander eine Anziehung ausüben, um sich chemisch zu verbinden, sondern im Gegentheil, es verbinden sich diejenigen Stoffe am leichtesten, die sich am unähnlichsten sind.

Die stärkste und heftigste chemische Verbindung findet zwischen Sauerstoff und Kalium statt. Diese beiden Stoffe haben weder äußerlich in ihrer Erscheinung noch innerlich in ihrer Natur die mindeste Aehnlichkeit. Sauerstoff ist eine Luftart und das reine Kalium ist ein dem Silber ähnliches Metall, und gerade, weil sie sich so unähnlich sind, verbinden sie sich so leicht und schnell mit einander, daß man das Kalium nicht eine Minute an der Luft liegen lassen darf, ohne daß es mit großer Begierde den Sauerstoff anzieht und sich in Verbindung mit diesem ver-

wandelt. Zink hat nicht die mindeste Aehnlichkeit mit Sauerstoff und doch weiß Jeder, daß es sich in der Luft sehr schnell mit einer weißgrauen Schicht überzieht, die eben nichts ist als eine Art Rost, welcher aus einer Verbindung des Zinks mit dem Sauerstoff der Luft entsteht. Wie dasselbe mit dem Eisen der Fall ist, ist gleichfalls bekannt, während z. B. Schwefel oder Kohle nicht ohne Weiteres aus der Luft den Sauerstoff anzieht.

Hieraus schon wird man auf den Schluß geführt, daß in der Chemie wol eine eigenthümliche Kraft thätig ist, welche gerade den am wenigsten sich ähnlichen Stoffen eine Anziehungskraft und Verbindungslust verleiht, um sich mit einander zu begatten und einen neuen verbundenen Stoff zu bilden. Und wirklich ist dieser Schluß ganz richtig, denn eine genauere und tiefer eindringende Forschung bestätigt diesen Schluß vollkommen und es steht als eine Grundregel der chemischen Anziehung fest, *daß sie gerade zwischen solchen Stoffen am leichtesten vor sich geht, die ihrer Natur nach ganz entgegengesetzt sind.*

Wer sich auch nur ein wenig Einblick in die Chemie verschaffen kann, der erstaunt über die Erscheinung, daß die Natur gerade in das Unähnlichste die stärkste Neigung gelegt hat, sich zu verbinden. Aehnlich wie der Nordpol des einen Magneten gerade den Südpol des andern Magneten, also den ungleichartigen Magnetismus aufsucht und anzieht, so zieht in der Chemie jeder Stoff den ungleichartigsten anderen Stoff an, während er den gleichartigen Stoff gleichgültig und unangezogen läßt. Ganz so wie in der Elektrizität die positive und die negative Elektrizität sich anziehen, eben weil sie ganz entgegengesetzter Natur sind, ebenso geschieht es in der Chemie,

wo die ihrer Natur nach entgegengesetzten Stoffe die stärkste Neigung zur Verbindung besitzen.

Schon dies führt auf den Gedanken, daß wol ein und dieselbe Ursache all' diesen geheimen Kräften der Natur zu Grunde liegen müsse. Unmöglich kann es zufällig sein, daß allenthalben, wo eine Kraft in der Natur wirksam ist, eine Gegenkraft zugleich in Thätigkeit tritt, die mit ihr zusammen den Grund der Erscheinung ausmacht. In den festen Körpern herrscht eine Anziehungskraft zwischen einem Atom und dem andern, die sie zusammenpreßt und zugleich ist eine Abstoßungskraft thätig, die sie doch wiederum von einander fern hält. In dem großen Weltraum besitzen sämmtliche Himmelskörper eine Fliehkraft, die sie in die Unendlichkeit der Fernen treiben würde, und dieser Fliehkraft entgegen wirkt eine Anziehungskraft, die, wenn sie allein herrschte, alle Himmelskörper in einem einzigen Punkt vereinigen müßte. Und gerade diese zwei Kräfte, die entgegengesetzte Resultate in ihren Wirkungen haben würden, bringen den geordneten Lauf der Himmelskörper hervor, den wir anstaunen.

Im Magnetismus und in der Elektrizität ist die Trennung der Kräfte in zwei verschiedene Arten noch deutlicher ausgesprochen. Nordpol und Südpol, positive und negative Elektrizität treten hier auf, und es zeigt sich die auffallende Erscheinung, daß die entgegengesetzten Arten, die scheinbar einander feindlich sein sollten, sich gegenseitig suchen, sich einander anziehen. Finden wir nun in der Chemie ein ähnliches Verhältniß, zeigt sich auch hier, daß die entgegengesetzten Dinge die größere Neigung zu einander haben, so drängt sich unwillkürlich der Schluß auf, daß all' die geheimen Kräfte, die in so verschiedener Weise zur Erscheinung kommen, von einer uns noch unbekannten großen gemeinsamen Naturkraft, die das All' durchdringt,

herstammen müssen, und daß sie alle wol nur verschiedene Erscheinungen der gemeinsamen noch unentdeckten Kraft sein mögen.

Wir werden am Schluß unseres Themas noch einige Betrachtungen über diese gemeinsame Urkraft anstellen; für jetzt jedoch müssen wir zu den bereits entdeckten Gesetzen der Chemie zurück, um diese vorerst kennen zu lernen und um dann zeigen zu können, welch' herrliche Entdeckungen in neuerer Zeit gemacht worden sind, die fast mit schlagender Gewißheit den Beweis führen, daß die Chemie, die für den ersten Blick garnicht die mindeste Aehnlichkeit mit der Elektrizität zu haben scheint, aufs innigste mit der Elektrizität verwandt ist, so daß man mit Recht nunmehr gestehen muß, daß fast ohne chemische Erscheinungen keine Elektrizität, und ohne Elektrizität keine chemische Erscheinung zu Wege gebracht werden kann.

XXI. Von der Natur der chemischen Verbindungen.

Wir haben es schon erwähnt, daß es einige sechzig chemische Urstoffe giebt, und daß sich je zwei und zwei dieser Stoffe chemisch verbinden können. Wenn dies der Fall ist, so nennt man die Verbindung eine einfache. Sauerstoff und Schwefel sind zwei chemische Urstoffe; wenn sie sich verbinden, bilden sie Schwefelsäure, und weil die Schwefelsäure eben nur aus zwei Stoffen besteht, nennt man sie eine einfache Verbindung. Es läßt sich denken, daß es außerordentlich viele einfache Verbindungen geben kann. Es verbindet sich auch Chlor mit den übrigen Stoffen, und ebenso Jod, Brom, Schwefel, Phos-

phor rc. mit den meisten übrigen Urstoffen, so daß deren Zahl außerordentlich groß ist.

Nennen wir nun Verbindungen dieser Art, wo nur zwei Urstoffe zu einander getreten sind, Verbindungen erster Ordnung, so zeigt es sich, daß auch aus diesen Verbindungen hervorgegangene Dinge meisthin eine besondere Neigung haben, sich wieder mit einander zu verbinden.

Wir haben schon des Rostes öfters erwähnt, daß er gebildet wird von Eisen und Sauerstoff; also Rost ist ebenfalls eine Verbindung erster Ordnung. Bringt man nun zu diesem unter gewissen Umständen etwas Schwefelsäure, so verbinden sich diese beiden Dinge zu einem neuen Dinge, das aus Schwefelsäure und Eisenrost besteht, und wie grünes Salz aussieht, das gewiß Vielen unter dem Namen Eisenvitriol bekannt ist. Solch eine Verbindung ist eine Verbindung zweiter Ordnung.

Da die meisten Dinge, die aus Verbindungen zweiter Ordnung entstehen, die Form und Gestalt des Salzes haben, so nennt man sie Salze. Nun aber verbinden sich oft auch noch zwei solcher Salze mit einander und bilden Doppelsalze, und diese werden Verbindungen dritter Ordnung genannt.

Alle diese Verbindungen aber stehen unter ganz genauen und von der Natur mit großer Pünktlichkeit befolgten Gesetzen.

Man bringe nur einem Chemiker irgend einen chemischen Körper, sei es Körper erster oder zweiter oder dritter Ordnung und er wird sofort im Stande sein, nicht nur zu sagen, was für einfache Urstoffe darin stecken, sondern er wird mit der schärfsten Genauigkeit zugleich angeben können, wie viele Gewichtstheile von jedem einzelnen Urstoff darin enthalten sind. Denn nichts in der Welt ist so pünktlich wie die Natur, und hat man auch

nur einmal ihre Gesetze belauscht, so hat man für alle Zeiten den ewig sichern Faden, um ihr Verfahren zu erkennen. Dies aber ist in der Chemie bereits geschehen und die Gesetze, nach welchen die Natur ihre chemischen Kunststücke betreibt, sind jetzt schon jedem Chemiker geläufig und bekannt.

Das erste dieser Gesetze lautet folgendermaßen:

„Wenn sich zwei Urstoffe mit einander chemisch verbinden, so geschieht dies nur nach genauen Gewichten!"

Wir wissen es schon, daß Wasser aus Sauerstoff und Wasserstoff besteht; aber man bilde sich nicht ein, daß es ein Wasser geben kann, worin etwas mehr Sauerstoff ist als in einem andern, sondern es steht unerschütterlich fest, daß in jeder Art von Wasser, mag man es hernehmen aus dem Meer oder aus einer Quelle, oder aus Eis oder aus Schnee bereiten oder in Thau oder Regen ansammeln, immer und zu aller Zeit in einem Pfund Wasser stets genau so und soviel Loth Sauerstoff und so und so viel Loth Wasserstoff vorhanden sein werden. Kein Chemiker in der Welt und auch die Natur vermag nicht ein Wasser herzustellen, worin ein Atom Sauerstoff oder Wasserstoff mehr ist als in allen Wassern der Welt. Das heißt aber nichts anderes, als daß in jedem Pfund Wasser stets das Gewicht des Sauerstoffs und des Wasserstoffs genau und unumstößlich fest gegeben ist.

Hundert Loth Sauerstoff verbinden sich ganz genau mit zwölf und einem halben Loth Wasserstoff zu 112½ Loth Wasser; will man 100 Pfund Sauerstoff zur Bildung von Wasser verwenden, so muß man 12½ Pfund Wasserstoff dazu bringen und es darf auch nicht das kleinste Theilchen daran fehlen. Nimmt man mehr Sauerstoff oder mehr Wasserstoff, so bleibt er übrig und verbindet sich nicht,

das heißt, er läßt sich auf keinen chemischen Prozeß weiter ein.

Und wie dies mit dem Wasser ist, so ist es mit allen Dingen, die aus zwei Urstoffen bestehen. Die Schwefelsäure z. B. besteht immer aus 100 Gewichtstheilen Schwefel und 150 Gewichtstheilen Sauerstoff, man mag die Schwefelsäure fabriziren, wie und wo man will. Unser gewöhnlicher gebrannter Kalk besteht aus einem Metall, das den Namen Calcium hat, und aus einer Portion Sauerstoff, und zwar sind immer im Kalk 250 Gewichtstheile Calcium und 100 Gewichtstheile Sauerstoff, gleichviel ob man den Kalk aus Marmor oder aus Kalkstein, aus Kreide oder aus Knochen oder Eierschalen brennen will. Es geht ein für allemal nicht anders, es werden immer in 350 Loth Kalk 250 Loth Calcium und 100 Loth Sauerstoff enthalten sein.

Woher aber mag das rühren? Warum vermag man nicht ein chemisches Ding herzustellen, worin man etwas mehr von dem einen Stoff hineinthut als die Chemie vorschreibt?

Offenbar rührt dies von der chemischen Anziehungskraft her, die zwischen je zwei Stoffen herrscht. Diese ist gewissermaßen wie der Appetit, aber ein so geregelter und genau zugemessener Appetit, daß er nur eine bestimmte, genau gewogene Portion aufnimmt und nicht ein Krümelchen mehr.

Wir werden im nächsten Abschnitt zeigen, wie sonderbar einerseits und wie wunderbar andererseits dieser Appetit sich herausstellt.

XXII. Die Gewichts-Verhältnisse der chemischen Verbindungen.

Der Grund, weshalb ein gewisses Gewicht eines Urstoffes nur ein ganz genau bestimmtes Gewicht eines andern Stoffes anzuziehen vermag und sich nicht ein Bischen abdingen oder ein Bischen mehr aufdringen läßt, ist ein tiefer und sehr bedeutsamer. Gerade die Erscheinung dieses Grundes hat die geistesschärfsten Denker dahin geführt, einen Blick in das Wesen aller körperlichen Dinge zu thun und den Beweis zu führen, daß Alles, was wir in der Welt sehen, Alles, was wir in, um und an uns haben, zusammengesetzt ist aus einzelnen kleinen Atomen, die so klein sind, daß wir ein einzelnes davon nicht sehen können, selbst mit den schärfsten Vergrößerungsgläsern nicht, und daß aus der Zusammenstellung dieser Atome sämmtliche Dinge der Welt erst entstanden sind.

Wir werden über diese wichtige Lehre noch weiterhin ein Näheres sprechen; für jetzt haben wir ein höchst merkwürdiges chemisches Gesetz unseren Lesern vorzuführen, dessen Erforschung ebenfalls für die Wissenschaft von der wichtigsten Bedeutung geworden ist.

Wir wissen, daß ein jeder chemische Urstoff einen gewissen Appetit hat, sich mit einem andern chemischen Urstoffe zu verbinden, daß aber der Appetit des Stoffes durchaus mit einer ganz genau bestimmten Portion des zweiten Stoffes gesättigt werden muß, von der er sich nichts abhandeln und zu der er sich nichts zulegen läßt. Es findet nun aber ein ganz wunderbares Verhältniß in diesem Appetit sowol wie in den Portionen statt. Um dies einleuchtend zu machen, müssen wir einmal diesen Appetit und die Portionen bei einigen Stoffen etwas näher kennen lernen.

Wir wollen nun wieder mit dem Sauerstoff anfangen und uns denken, wir haben 100 Loth Sauerstoff vor uns und dazu eine ganze Masse von einzelnen Urstoffen, die wir beliebig mit dieser Portion Sauerstoff chemisch verbinden können. Es fragt sich nun z. B.: wie viel Wasserstoff werden die 100 Loth Sauerstoff aufnehmen? Die Antwort hierauf lehrt die Erfahrung; und die genaueste Prüfung ergiebt, daß netto 12½ Loth Wasserstoff den Appetit von 100 Loth Sauerstoff stillen, so daß nun aus beiden Stoffen 112½ Loth Wasser entstehen.

Da wir nun wissen, wie groß der Appetit von 100 Loth Sauerstoff ist, wenn wir ihn mit Wasserstoff speisen, so wollen wir einmal sehen, ob sein Appetit zum Stickstoff größer oder kleiner ist. Macht man nun den Versuch und bringt die einfachste Verbindung von Sauerstoff und Stickstoff zu Stande, woraus eine Art salpetersaures Gas entsteht, so findet man, daß er von Stickstoff eine ganz gewaltige Portion zu sich nehmen kann, denn die 100 Loth Sauerstoff nehmen 175 Loth Stickstoff auf.

Da nun dieselben 100 Loth Sauerstoff schon satt wurden durch 12½ Loth Wasserstoff, dagegen 175 Loth Stickstoff brauchen, um gesättigt zu werden, so muß man schon annehmen, daß 12½ Loth Wasserstoff gerade so viel Sättigungsstoff in sich haben als 175 Loth Stickstoff, daß man also beliebig statt des einen den andern wählen kann.

So weit wäre die Sache nun nicht wunderbar, denn wir haben viele Dinge in der Welt, wo ein wenig von dem einen Stoff so viel zu bedeuten hat, als sehr viel vom andern Stoff. Aber das Wunderbare kommt erst, wenn man probirt wie sich denn Wasserstoff mit Stickstoff verbindet.

Versucht man es Wasserstoff mit Stickstoff in chemische

Verbindung zu bringen, so zeigt es sich, daß gerade die 12½ Loth Wasserstoff, die wir schon kennen, netto die 175 Loth Stickstoff aufnehmen, um eine Verbindung einzugehen. Also die 12½ Loth Wasserstoff sind nicht für den Appetit des Sauerstoffs so gut wie 175 Loth Stickstoff, sondern die 12½ Loth Wasserstoff haben netto auch solch großen Appetit wie die 100 Loth Sauerstoff, denn sie verstehen gleich diesen das Kunststück sich nur durch 175 Loth Stickstoff sättigen zu lassen.

Hieraus aber ergiebt sich ein ganz eigenthümlicher wunderbarer Einblick in das geheime Wesen der chemischen Verbindungen.

Wir haben uns gewundert, daß 100 Loth Sauerstoff schon satt werden durch 12½ Loth Wasserstoff, während sie 175 Loth Stickstoff zur Sättigung brauchen; jetzt aber sehen wir die erstaunliche Thatsache, daß die bescheidene Portion von 12½ Loth Wasserstoff auch einen sehr gesegneten Appetit hat nach Stickstoff und ebenfalls erst satt wird, wenn sie 175 Loth davon verzehrt hat. Wir finden also, daß der Appetit von 12½ Loth Wasserstoff netto so groß ist, wie der von 100 Loth Sauerstoff und kommen nun endlich dahinter, daß gerade darum 12½ Loth Wasserstoff mit 100 Loth Sauerstoff sich verbinden, weil ihr chemischer Appetit gleich groß ist.

Der chemische Appetit ist aber nichts anderes als die chemische Anziehungskraft, und wir kommen so hinter ein Geheimniß, das uns folgendes lehrt:

Da 100 Loth Sauerstoff sich nur mit 12½ Loth Wasserstoff verbinden, so müssen wir schließen, daß die chemische Anziehungskraft der 100 Loth Sauerstoff gerade so groß ist, wie die der 12½ Loth Wasserstoff.

Das Eigenthümliche und Wunderbare, das wir hier von den drei Stoffen Sauerstoff, Wasserstoff und Stick-

stoff angeführt haben, findet aber bei allen übrigen sechzig Stoffen statt, und hieraus ergiebt sich ein so richtiges Naturgesetz der chemischen Verbindungen, daß man wol sagen darf, daß dessen Erkenntniß erst die Chemie zu begründen vermochte.

XXIII. Wie die chemischen Stoffe stets nur in bestimmten Gewichtstheilen ihre Verbindungen eingehen.

Da es, wie wir gesehen haben, ein so eigenthümliches Ding ist mit dem Appetit der chemischen Urstoffe, so wollen wir einmal eine Reihe derselben hier aufsuchen und durch Zahlen genauer angeben, wie viel von jedem Urstoff man nehmen muß, um dessen Appetit gleich zu machen mit dem von 100 Loth Sauerstoff; oder richtiger wie viel von jedem Urstoff eine gleiche chemische Anziehungskraft äußert als die 100 Loth Sauerstoff.

Wir wissen bereits, daß 12½ Loth Wasserstoff so stark in ihrem Appetit sind als 100 Loth Sauerstoff, und darum verbinden sich auch 100 Loth Sauerstoff genau mit 12½ Loth Wasserstoff, um Wasser zu bilden. Der Stickstoff dagegen ist von schwachem Appetit, denn man muß schon 175 Loth Stickstoff nehmen, um seine chemische Anziehungskraft gleich groß zu machen der von 12½ Loth Wasserstoff oder 100 Loth Sauerstoff. — Will man Kohlenstoff nehmen, so ergiebt der Versuch, daß 75 Loth desselben sich mit 100 Loth Sauerstoff verbinden und diese beisammen bilden das so gefährliche Kohlenoxyd oder den Kohlendampf, an dem so viele Menschen ersticken, wenn sie unvorsichtigerweise die Ofenklappe zu früh schließen. Also 75 Loth Kohlenstoff oder reine Kohle hat so viel

chemische Anziehungskraft wie 100 Loth Sauerstoff oder 12½ Loth Wasserstoff oder 175 Loth Stickstoff.

Macht man denselben Versuch mit Schwefel, so ergiebt sich, daß er einen halbmal so schwachen Appetit hat als Sauerstoff, denn von Schwefel muß man schon an 200 Loth dazu nehmen. Phosphor ist nahe viermal so schwach an Appetit, denn man muß schon 400 Loth nehmen, um seine Anziehung der von 100 Loth Sauerstoff gleich zu machen. Von Chlor muß man gar 440 Loth dazu thun, um durch ihn eine eben so starke Anziehung zu haben. Für Natrium braucht man wieder nur 290 Loth hierzu. Hieraus aber folgt, daß 290 Loth Natrium so stark in der Anziehung sind als 440 Loth Chlor, denn jeder dieser Stoffe ist in solcher angegebenen Menge ja so stark in seiner Anziehung als 100 Loth Sauerstoff. Da nun Chlor und Natrium wirklich in der Natur eine sehr gewöhnliche Verbindung eingehen und als solche unser gewöhnliches Kochsalz bilden, so weiß man mit vollster Sicherheit, daß man zu 440 Loth Chlor netto 290 Loth Natrium nehmen muß, um aus beiden 730 Loth Kochsalz zu bilden.

Daher rührt es auch, daß wenn man einem Chemiker eine Hand voll Kochsalz bringt, er dies nur genau zu wiegen braucht, um gleich sagen zu können, wie viel Chlor und wieviel Natrium darin steckt. —

Wir wollen nun noch einige andere bekannte Urstoffe hier aufführen und neben dieselben die Zahlen stellen, welche andeuten, wie viele Loth von jedem Stoffe nöthig sind, um seine chemische Anziehung so stark zu machen, wie die von 100 Loth Sauerstoff.

Die Versuche haben gelehrt, daß man von Eisen 352 Loth nehmen muß, von Zink 407 Loth, von Zinn 735 Loth, von Blei 1295 Loth, von Kupfer 396 Loth, von Queck-

silber 1250 Loth, von Silber 1350 Loth und von Gold gar 2458 Loth.

Das Wichtige und Merkwürdige in diesen Zahlen ist nun, daß sie ursprünglich eigentlich doch nur in einer Beziehung zum Sauerstoff zu stehen scheinen, aber daß sie zugleich auch für alle übrigen Verbindungen der Stoffe unter einander gelten. Gesetzt, es wollte Jemand Zinnober machen, die bekannte vorzügliche rothe Farbe, die von den Malern so sehr geschätzt wird, und welche eine chemische Verbindung von Schwefel und Quecksilber ist, so fragt es sich, wie viel Schwefel und wie viel Quecksilber muß man dazu haben. Hierüber geben unsere Zahlen genauen Aufschluß. Zweihundert Theile Schwefel sind, wie oben gezeigt, so stark in der Anziehung wie hundert Theile Sauerstoff, und 1250 Theile Quecksilber sind auch in ihrer Anziehung so stark wie 100 Theile Sauerstoff, folglich müssen sich 200 Gewichtstheile Schwefel mit 1250 Gewichtstheilen Quecksilber verbinden und zusammen Zinnober bilden.

So aber geht es mit allen genannten und ebenso mit den übrigen Urstoffen, die wir hier nicht aufgeführt haben. Die Gewichtstheile, in welchen sie sich mit irgend einem Stoffe verbinden, passen auch zu allen anderen Stoffen. Es ergiebt sich also hieraus, daß alle chemischen Urstoffe in einem gewissen Verhältniß zu einander stehen, so daß man, um eine gewisse chemische Wirkung hervorzubringen, den einen statt des andern nehmen kann, wenn man nur das richtige oben angegebene Gewicht dazu verwendet.

Das aber kann unmöglich zufällig sein, sondern deutet auf ein ganz bestimmtes Naturgesetz hin, das in der Chemie waltet. Gewiß muß es seinen Grund haben, warum man 1250 Loth Quecksilber braucht, um eine so

starke Anziehung hervorzubringen, wie sie 100 Loth Sauerstoff ausüben. Zweihundert Loth Schwefel, haben wir gesehen, sind so stark in ihrer Anziehung wie 100 Loth Sauerstoff; kann es wol Zufall sein, daß man gerade 200 Loth Schwefel braucht, um 1250 Loth Quecksilber chemisch zu binden? Muß nicht hier eine Kraft schlummern, die den chemischen Vorgängen zu Grunde liegt, und die es macht, daß sämmtliche chemische Verbindungen nur dann vollständig geschehen, wenn man gerade so viel von zwei Stoffen zu einander bringt, daß ihre chemische Anziehungskraft ganz gleich ist?

So ganz und gar ist man freilich hinter das Geheimniß der Chemie noch nicht gekommen; aber man ist ganz sicher auf dem Wege dahin, und um unsere Leser dahin zu führen, wo der jetzige Standpunkt der Forschung sich befindet, wollen wir noch einige Schritte auf dem Gebiete thun, die nicht nur interessant, sondern im höchsten Maße belehrend sind.

XXIV. Was chemischer Appetit und was chemische Energie ist.

Obgleich wir eben gezeigt haben, daß in allen chemischen Verbindungen der Appetit der Stoffe, die sich chemisch vereinigt haben, gleich groß ist, so lehrt dennoch die Erfahrung, daß sehr oft ein Stoff einen andern aus seiner bereits eingegangenen Verbindung verdrängt.

Nehmen wir zum Beispiel eine Verbindung von 100 Loth Sauerstoff mit 12½ Loth Wasserstoff, so wissen wir, daß dies netto 112½ Loth Wasser giebt, und wir müssen nach dem früher Gesagten annehmen, daß die 12½ Loth Wasserstoff in ihrer chemischen Anziehungskraft eben so

groß sind wie die der hundert Loth Sauerstoff. Nun aber wissen wir durch Versuche, daß 489 Loth eines Metalls, das Kalium heißt, sich auch mit 100 Loth Sauerstoff verbinden, und also dem Appetit von 12½ Loth Wasserstoff ganz gleich kommen. Wenn dem aber so ist, woher kommt es, daß das Kalium in Wasser geworfen das Wasser zersetzt, den Wasserstoff vertreibt und sich mit dem Sauerstoff verbindet?

Man werfe nur einmal ein Stückchen Kalium-Metall in einen Teller Wasser, und man wird ein herrliches Schauspiel vor sich sehen. Das Metall sprudelt auf dem Wasser umher, wird im Wasser glühend; aus dem Wasser steigt ein Gas auf, das bald zu brennen anfängt, bis endlich das Kalium ganz und gar schwindet, das Wasser am Gewicht ein wenig zugenommen hat und der ganze Vorgang zu Ende ist. Nun weiß man, daß diese sonderbaren Erscheinungen daher rühren, daß das Kalium größere Neigung hat, sich mit dem Sauerstoff des Wassers zu verbinden, als das bisher mit dem Sauerstoff verbundene Wasserstoffgas. Das Kalium zieht nun den Sauerstoff an und verbindet sich mit diesem so heftig, daß das Kalium dabei in Glut geräth. Gleichzeitig muß der Wasserstoff, der früher mit dem Sauerstoff verbunden war, entweichen, und da Wasserstoff ein brennbares Gas ist, so zündet er sich an dem glühend gewordenen Kalium an und brennt, während das mit Sauerstoff verbundene Kalium eine Art Salz wird, das sich im übrigen Wasser auflöst. — Wir sehen demnach, daß das Kalium durchaus stärker sein muß in seiner chemischen Kraft als das Wasserstoffgas, und doch haben wir behauptet, daß sie eigentlich gleichen Appetits sind? Die Antwort auf diese Frage ist folgende.

Es ist richtig, daß der Appetit von 12½ Loth Was-

serstoff gerade so groß ist wie der Appetit von 489 Loth Kalium, denn beide verbinden sich mit 100 Loth Sauerstoff; aber die Begierde derselben ist nicht gleich. — Man kann sich beispielsweise denken, daß zwei Menschen nur eine Portion Speise vor sich haben, von welcher jeder derselben sich sättigen könnte. Der eine jedoch sei von der heftigsten Eßgier befallen, während der andere nur mäßig und gemächlich genießen möchte, und daß der Erstere nicht nur die Portion dem andern vor der Nase aufißt, sondern ihm auch noch das aus der Hand reißt, was jener sich schon angeeignet hat. Wenn dies Beispiel auch nicht ganz zutrifft, so macht es doch wenigstens deutlich, wie man den Appetit, der nur anzeigt, wie viel man zu verzehren im Stande ist, nicht mit der Begierde verwechseln darf, die die Heftigkeit und Schnelligkeit anzeigt, mit welcher man die Portion verzehrt. — In diesem Sinne können wir sagen, daß der Appetit von 489 Loth Kalium freilich nur so groß ist wie der von 12½ Loth Wasserstoff; allein die Begierde des Kalium seinen Appetit zu stillen ist so ungeheuer groß, daß es im Stande ist dem Wasserstoff die Portion gewissermaßen aus dem Magen zu reißen und zu verzehren.

Wollen wir das, was wir eben durch eine bildliche Sprache deutlich zu machen suchten, in strengerem wissenschaftlichem Ausdruck wiedergeben, so müssen wir Folgendes sagen:

Je zwei chemische Urstoffe sind im Stande, sich in einem bestimmten Verhältniß chemisch zu verbinden, und wenn sie dies thun, so geschieht es immer in solchen Gewichtsmengen, daß ihre Anziehung auf einander gleich groß ist. Allein wenn auch die Anziehung gleich ist, so ist doch die Energie, mit welcher sie sich verbinden, nicht gleich groß bei jeden beliebigen zwei Stoffen, und daher ist auch

nicht immer jede Verbindung zweier Stoffe gleich stark, gleich haltbar und unerschütterlich.

Woher aber rührt diese Verschiedenheit? Warum können 12½ Loth Wasserstoff so viel Sauerstoff chemisch binden als 489 Loth Kalium, trotzdem das Kalium so stark ist, den Wasserstoff aus dem gebildeten Wasser hinauszuwerfen?

Offenbar steckt hier wieder ein Naturgeheimniß dahinter, das man zu erforschen hat; ein Naturgeheimniß, das bewirkt, daß einerseits ein kleiner Theil eines Stoffes so viel vom andern Stoff aufnehmen kann, als ein dritter Stoff nur in einer größeren Summe von Gewichtsmenge es vermag, und andererseits bewirkt, daß dieser dritte Stoff dennoch energisch genug ist, den ersteren Stoff aus seiner bereits eingegangenen Verbindung zu treiben.

Auch diesem Naturgeheimniß ist die Wissenschaft jetzt schon auf die Spur gekommen, und wir wollen dasselbe auch unsern Lesern vorführen; wir bedürfen aber hierzu einiger Vorbereitungen, die wir nunmehr so kurz wie es uns möglich entwickeln wollen.

XXV. Die Verbindung eines chemischen Stoffes mit doppelten und mehrfachen Portionen.

In unserer bisherigen Betrachtung der Gesetze der chemischen Verbindungen haben wir die Behauptung aufgestellt, daß zwei Stoffe sich nur dann vollständig mit einander verbinden, wenn man von beiden das richtige bestimmte Gewicht dazu nimmt. Wir haben indessen zu diesem ganz richtigen Grundsatze noch einen zweiten hinzuzufügen, der scheinbar wie ein Widerspruch klingt; wir

werden aber bei aufmerksamerer Betrachtung bald sehen, daß dies nicht der Fall ist.

Wir wissen, daß wenn man Schwefel mit Sauerstoff zu einer chemischen Verbindung bringen will, man 200 Gewichtstheile Schwefel und hundert Gewichtstheile Sauerstoff dazu verwenden muß. Man sollte nun glauben, daß es gar nicht möglich sei, aus Schwefel und Sauerstoff etwas anderes chemisch zu Stande zu bringen als eben das, was aus den angegebenen Gewichtsmengen wird. Allein die Erfahrung lehrt, daß dem nicht so ist.

Schon in älterer Zeit verstand man aus Schwefel und Sauerstoff vier verschiedene Dinge zu fabriziren; jetzt ist es sogar gelungen, sieben verschiedene chemische Verbindungen aus diesen beiden Stoffen herzustellen, und zwar entstehen diese sieben verschiedenen Verbindungen dadurch, daß man die Gewichtsmenge des Schwefels und Sauerstoffs verschieden anwendet. Für den ersten Augenblick scheint dies nun freilich im Widerspruch zu stehen mit dem bisher ausgesprochenen Grundsatz, daß in jeder chemischen Verbindung zweier Stoffe stets ein festes unverrückbares Gewichtsverhältniß der Stoffe angewandt werden müsse; allein, wenn man sich die Sache genauer ansieht, so bemerkt man, wie man Ursache hat, in jenem Grundsatz sich nur noch mehr bestärkt zu fühlen; ja man gelangt bei einigem Nachdenken erst recht hinter ein großes Naturgeheimniß der Chemie.

Wir wollen einmal die Gewichte angeben, welche man anwenden muß, um jede der hauptsächlichsten vier Verbindungen von Schwefel und Sauerstoff herzustellen; wir werden sogleich sehen, daß es mit den Gewichtsmengen doch nicht so willkürlich geht, sondern daß sie in einem ganz bestimmten Verhältniß bleiben müssen.

Man kann 200 Loth Schwefel und 100 Loth Sauer-

stoff verbinden und daraus entsteht ein Ding, das man zwar allein noch nicht hat darstellen können; aber man kennt es doch, weil man ihm nachzuspüren vermochte, wo es sich mit andern chemischen Körpern verbunden hat. Dies Ding, von dem man vermuthet, daß es ein Gas ist, heißt „unterschweflige Säure“. Man kann ferner 200 Loth Schwefel mit 200 Loth Sauerstoff verbinden, und daraus entsteht „schweflige Säure“, das bekannte stechend riechende Gas, das schon jedem in die Nase gestiegen ist, der diese über die blau brennende Flamme eines noch nicht ganz angebrannten Schwefelhölzchens gehalten hat. — Sodann kann man mit einiger Schwierigkeit eine Verbindung von 400 Gewichtstheilen Schwefel und 500 Gewichtstheilen Sauerstoff herstellen, die man „Unterschwefelsäure“ nennt. Endlich stellt man „Schwefelsäure“ dar und die besteht aus 200 Gewichtstheilen Schwefel und 300 Gewichtstheilen Sauerstoff. —

Betrachtet man diese Zahlen näher, so sieht man zwar, daß Sauerstoff und Schwefel nicht so strenge an dem Gesetz festhalten, sich nur in einem einzigen bestimmten Gewichtsverhältniß zu verbinden. Man hat sogar, wie gesagt, sieben verschiedene Verhältnisse herausgefunden, in welchen diese zwei Stoffe Verbindungen eingehen; allein wenn man hieraus schließen wollte, daß überhaupt in der Chemie jenes strenge Verbindungsgesetz nicht feststehe, so würde man sehr irren. Im Gegentheil aus den Zahlen geht gerade hervor, daß die Gewichtsverhältnisse bei mehrfachen Verbindungen sehr strenge inne gehalten werden. Wir sehen, daß 200 Gewichtstheile Schwefel sich nicht willkürlich mit einer beliebigen Gewichtsmenge von Sauerstoff verbinden, sondern es müssen gerade 100 oder 200 oder 300 oder auf 400 Gewichtstheile Schwefel 500 Gewichtstheile Sauerstoff sein, die eine chemische Verbindung

eingehen. Mit einem Worte, man sieht den Sauerstoff zwar verschiedene Stufen der Verbindungen herstellen, aber jede Stufe rückt immer um ein volles Hundert. — Dies auffallende Verhältniß muß sicherlich zu dem Schluß führen, daß es bei einer chemischen Verbindung wol möglich ist, einen Stoff doppelt, dreifach und vierfach mit einem andern zusammenzubringen; aber nicht in sonst beliebiger Menge.

Da sich diese verschiedenen Stufen der Verbindungen bei den chemischen Dingen, die aus Stickstoff und Sauerstoff entstehen, noch auffallender herausstellen, so wollen wir einmal auch diese hier vorführen.

Vom Stickstoff wissen wir, daß 175 Loth desselben sich mit 100 Loth Sauerstoff verbinden. Wir wollen der Einfachheit halber 175 Gewichtstheile Stickstoff Eine Portion Stickstoff nennen, und ebenso 100 Gewichtstheile Sauerstoff mit Einer Portion Sauerstoff bezeichnen. Nun giebt es fünf verschiedene Stufen der Verbindungen des Stickstoffs mit dem Sauerstoff; aber auch bei diesen zeigt sich, daß nur dann eine neue Verbindung zu Wege gebracht wird, wenn man gerade doppelt, dreifach, vierfach oder fünffach vom Sauerstoff dazu nimmt; nicht aber, wenn man die Sauerstoffmenge in beliebigem Verhältniß dazu verwenden will.

Es lehrt die Erfahrung, daß eine Portion Stickstoff und eine Portion Sauerstoff das Stickstoff-Oxydul giebt. Eine Portion Stickstoff und zwei Portionen Sauerstoff geben das Stickstoff-Oxyd. Eine Portion Stickstoff und drei Portionen Sauerstoff geben die salpetrige Säure. Eine Portion Stickstoff und vier Portionen Sauerstoff geben die Unter-Salpetersäure, und eine Portion Stickstoff und fünf Portionen Sauerstoff geben die Salpetersäure. — Hier also sehen wir, daß man zu 175 Gewichtstheilen

Stickstoff immer nur ein volles Hundert Gewichtstheile Sauerstoff anwenden kann; nimmt man nicht das volle Hundert oder richtiger die volle richtige Portion, so wird nichts Chemisches daraus.

Dies aber muß seinen tiefen Grund haben, und diesen wollen wir nun kennen lernen, denn der ist ein Grundpfeiler der jetzigen Lehren über die Natur und ihre Geheimnisse.

XXVI. Was man in der Chemie von den Atomen erfahren kann.

Das Nachdenken der scharfsinnigsten Naturforscher über all die erwähnten Räthsel, die sich im Bereich der chemischen Verbindungen aufdrängen, hat dahin geführt, daß man jetzt im Stande ist, sich ein deutliches Bild zu machen von dem, was in der geheimen Werkstatt der Natur vorgeht und daß man so gewissermaßen Dinge zu sehen vermag, für welche uns die Natur selber den Sinn versagt zu haben scheint.

Die Auflösung vieler Fragen, die sich bei den chemischen Vorgängen herausstellen, ist eigentlich sehr einfach, ja fast zu einfach für den klügelnden Geist vieler Philosophen, die meisthin ein Vergnügen darin finden, sich jeden Naturvorgang so verwickelt wie möglich zu denken oder — wo ihr Denken aufhört, auszumalen.

Es liegt ein richtiger Sinn im Volke, das unter dem Namen „natürlich“ sich immer etwas Einfaches vorstellt, denn in der That ist nichts in der Welt natürlicher als die Natur, und die Natur ist meisthin sehr einfach in dem, was sie schafft, wenn es auch uns höchst geheimnißvoll und daher sehr verwickelt erscheint.

Sehen wir uns einmal den chemischen Vorgang an, wie ihn sich die scharfsinnigen Naturforscher vorstellen, um dadurch die Räthsel der Chemie zu lösen; wir werden sehen, daß diese Vorstellung höchst einfach ist und darum schon die natürliche genannt zu werden verdient.

Nach den Lehren der neueren Naturforschung besteht jedes Ding in der Welt aus einer Sammlung einzelner Atome. Ein Stückchen Schwefel, ein wenig Gold, Eisen, Kupfer, Phosphor, mit einem Worte jeder chemische Urstoff, den wir sehen, ist nichts anderes als eine Anhäufung außerordentlich kleiner Theile dieses Stoffes. Ein einziges Atom Schwefel oder sonst eines Stoffes ist für unser Auge wegen seiner Kleinheit nicht sichtbar; selbst wenn man die schärfsten Mikroskope anwendet, kann man immer noch nicht ein so kleines Ding sehen, wie ein Atom ist. Jedes Stück oder jeder Theil eines Stoffes, der schon gesehen werden kann, ist ohne Zweifel bereits eine ganze große Sammlung solcher einzelnen Atome. Wir sehen also an einem solchen Dinge nur die Sammlung, nicht den einzelnen Theil, aus dem es besteht. Es geht uns hierbei, wie es unsern Vorfahren erging, die die rothe Farbe des Blutes oder die grüne Farbe der Blätter als etwas, das dem Blute und dem Blatte selber eigen sei, ansahen, während wir durch die verbesserten Mikroskope belehrt wissen, daß die Röthe des Blutes nicht der Flüssigkeit angehört, sondern nur herrührt von den Blutkörperchen, die darin herumschwimmen, und die grüne Farbe der Pflanzen nicht an der Pflanze selber, sondern an einzelnen Tröpfchen haftet, welche in dem Gewebe der Pflanzen weit getrennt von einander wie Inseln daliegen und erst durch die Einwirkung des Sonnenlichtes gebildet werden. — Nur weil unser Auge nicht feinsichtig genug ist, erscheint uns das mit Blutkörperchen oder mit Blutkügelchen versehene Blut

als eine durchweg rothe Flüssigkeit und die Pflanzenwelt als eine durchweg grüne Masse; in Wahrheit aber kann man jetzt Jeden durch ein Mikroskop überzeugen, daß das, was er mit bloßem Auge als eine einzige ungetheilte rothe Masse ansieht, nur aus einer Sammlung sehr weit von einander getrennter rother Körperchen besteht und was er als ungetheiltes einziges grünes Blatt betrachtet, nichts ist als eine Sammlung kleiner grüner Tröpfchen, welche sehr weit getrennt von einander in gesonderten Maschen des Blattgewebes sich befinden.

Es geht uns, wie gesagt, jetzt eben so, wie es unsern Voreltern ging, die das Mikroskop noch nicht kannten. Für unser Auge ist ein Stückchen Schwefel ein ungetheilter zusammengehöriger Körper, ist ein Stückchen Gold, Silber, Blei oder sonst irgend ein Stoff ein ungetheiltes Ding, das ganz und gar zusammenzuhängen scheint; und in der That ist es noch nicht gelungen mit Mikroskopen nachzuweisen, daß dem nicht so ist. Allein durch die Chemie gerade ist man dahinter gekommen und hat es durch die schlagendsten Thatsachen bestätigt gefunden, daß alles in der Welt, das uns wie ungetheilt und zusammenhängend als eine einzige Masse erscheint, doch nichts als eine Sammlung von einzelnen unendlich kleinen Atomen ist, die sich in festen Körpern nicht verschieben lassen, weil sie sich gegenseitig mit einer gewissen Kraft anziehen.

Es ist wichtig, daß man sich hiervon eine möglichst klare Vorstellung mache, da man sonst gar leicht irre wird, und deshalb ist es gut, sich Folgendes zu merken. Nach der angegebenen Lehre der Naturforscher, daß alles in der Welt aus Atomen besteht, hat man sich zu denken, daß z. B. ein Stück Eisen oder Gold oder sonst ein harter Körper derart entsteht, daß sich in der Nähe eines Atomes ein zweites befindet, ohne das erste zu berühren; hierzu

kommt noch ein drittes, viertes Atom immer sehr nahe dem andern, ohne daß sie sich gegenseitig berühren, und wenn eine große, sehr große Anzahl solcher Atome sich irgendwo und wie angesammelt hat, erst dann werden sie unserm Auge sichtbar und zwar als eine ungetheilte zusammenhängende Masse. In Wahrheit also besteht ein jeder Körper aus vereinzelten Atomen und leeren Zwischenräumen, die jedes Atom umgeben; und es ist sehr leicht möglich, ja sogar oft wahrscheinlich, daß die Zwischenräume zwischen einem Atom und dem andern größer sind als jedes einzelne Atom.

Wem dies sonderbar oder gar unmöglich vorkommt, der lasse sich nur einmal von einem Naturforscher ein grünes Blatt unter dem Mikroskop zeigen und er wird sehen, daß das, was er mit bloßem Auge als eine einzige grüne Masse ansieht, nur eine Sammlung von einzelnen grünen Tröpfchen ist, die soweit von einander liegen, daß zwischen einem und dem andern oft noch ein halbes Dutzend Tröpfchen Platz hat! —

Die Lehre von den Atomen mag für den ersten Augenblick sonderbar klingen; aber daß sie wahr ist, das beweist erst, wie wir zeigen werden, die Chemie mit ihren Verbindungsgesetzen.

XXVII. Verschiedener Zustand der Atome in verschiedenen Dingen.

Wenn man sich eine richtige Vorstellung von dem Zustand der Atome in festen oder flüssigen oder luftförmigen Massen machen will, so muß man sich denken, daß es immer außerordentlich kleine Atome sind, welche diese

Masse bilden. Sind die Atome so an einander gelagert, daß sie einander stark anziehen, so lassen sie sich nicht leicht verschieben und trennen, und wir nennen solche Massen feste Massen. Ist die Anziehungskraft in den Atomen so schwach, daß sie sich zwar nicht trennen, aber doch durch leichte Erschütterung verschoben werden können, so nennen wir die Massen, die sie bilden, Flüssigkeiten. Ist aber die Anziehungskraft der Atome ganz und gar nicht vorhanden, sondern herrscht in ihnen die Abstoßungskraft vor, so nennt man die von ihnen gebildeten Massen gasförmige Massen.

Blicken wir nun auf das hin, was bei einer chemischen Verbindung vor sich geht, so kann man sich alles am leichtesten erklären, wenn man sich lebhaft vorstellt, daß selbst in den festesten Massen, z. B. in Eisen, die Atome noch sehr weit von einander getrennt liegen, so daß immer weite Zwischenräume zwischen einem Atom und dem andern vorhanden sind. Bringt man nun zu dem Eisen unter günstigen Umständen etwas Sauerstoff, so findet die bereits besprochene chemische Anziehung zwischen jedem einzelnen Eisen-Atom und jedem einzelnen Sauerstoff-Atom statt, und es lagert sich vorerst stets ein Atom Sauerstoff neben einem Atom Eisen hin; und das ist die chemische Verbindung des Eisens mit dem Sauerstoff.

Ist das aber der Fall, so hört das Eisen auf Eisen zu sein, es wird vielmehr eine Art Sauerstoff-Eisen, das ganz andere Eigenschaften hat als vorher, und auch in jeder Beziehung anders wirkt als vorher, und wir sagen mit Recht, es sei aus beiden Stoffen ein ganz neues Ding geworden, obgleich wir sehr wohl wissen, daß man durch gewisse Vorrichtungen den Sauerstoff aus der Verbindung treiben und das Eisen wieder ohne den dazwischen gelagerten Sauerstoff herausbekommen kann.

Bleiben wir einmal bei dem bereits öfter angeführten Beispiel stehen, daß man solches Sauerstoff-Eisen, das man im gewöhnlichen Leben Eisenerz nennt, durch Zusammenglühen mit Kohle wieder in Eisen verwandelt, so kann man sich den Vorgang derart denken, daß während des Glühens die Eisen-Atome sich von dem Sauerstoff durch die ausdehnende Kraft der Wärme etwas trennen. Es schwächt sich hierdurch aber zugleich die Anziehungskraft jedes Eisen-Atoms auf das Sauerstoff-Atom. Nun aber hat die Kohle gerade beim Glühen eine erhöhte Neigung, sich mit Sauerstoff zu verbinden. Jedes Atom Kohle also zieht nun Sauerstoff-Atome an, und es lagert sich so eine Sammlung von Kohle und Sauerstoff an einander, daß sie Kohlensäure bilden und das Eisen rein zurückbleibt.

Nehmen wir nun als ein anderes Beispiel die Bildung von Zinnober in Betracht, so ist hier der Vorgang ebenfalls derselbe. Man erhitzt einerseits eine Portion Schwefel und andererseits eine Portion Quecksilber in geeigneten Apparaten. Durch die Erhitzung verliert der harte Schwefel derart seinen Zusammenhang, daß er flüssig wird, das heißt seine Atome werden verschiebbar; durch weitere Erhitzung verwandelt sich sogar der Schwefel in Dampf, das heißt, die Schwefel-Atome treten noch weiter aus einander. Diesen Dampf, aus sehr weit getrennten Schwefel-Atomen bestehend, leitet man nun in einen Raum, in welchen von der andern Seite Dämpfe von erhitztem Quecksilber einströmen. Diese Quecksilberdämpfe sind ebenfalls nichts als sehr weit von einander getrennte Quecksilber-Atome. Nun aber ziehen immer ein Atom Quecksilber und ein Atom Schwefel sich gegenseitig an und lagern sich an einander, und es entsteht aus dieser Paarung der Atome ein neues Ding, eine Art Schwefel-Quecksilber, welches, sobald es sich in reichlicher Masse gebildet hat, unserm

Auge als ein rothes feines Pulver erscheint, das wir Zinnober nennen.

Da man aber durch die schärfsten Mikroskope nicht am Zinnober sehen kann, daß er aus zwei sehr verschiedenen Dingen zusammengesetzt ist, so muß man annehmen, daß selbst im feinsten Stäubchen Zinnober eine sehr große gleiche Zahl von Schwefel-Atomen und Quecksilber-Atomen vorhanden ist, so daß sie einzeln garnicht gesehen werden können und unserm Auge erst sichtbar werden, wenn sich eine bedeutende Menge solch kleiner Dinger gebildet hat.

In gleicher Weise wie diese Verbindung hat man sich nun alle chemischen Verbindungen zu denken und man wird gestehen, daß diese Erklärungsweise höchst einfach ist, und da sie vortrefflich für alle Erscheinungen der Chemie paßt, auch gewiß die richtige genannt zu werden verdient.

Nun aber bitten wir unsere Leser einmal zu beachten, welche Reihe wichtiger und höchst interessanter Schlüsse aus dieser einfachen Lehre von der Atom-Verbindung folgt, und wie diese Lehre nicht nur fast alle Räthsel löst, die in der Chemie sich darstellen, sondern noch einen tiefen Einblick in ein Geheimniß des innersten Wesens der Dinge gewährt und Antworten giebt auf naturwissenschaftliche Fragen, welche so kühn und sonderbar klingen, daß der Uneingeweihte nur ungläubig den Kopf schütteln kann, wenn er sie hört.

Wir wollen die wichtigen Folgerungen aus der chemischen Atomlehre nunmehr in allen Körpern vorführen.

XXVIII. Die Anzahl der Atome bei chemischen Verbindungen, und das Gewicht jedes Stoffes.

Wenn sich wirklich in einer chemischen Verbindung immer ein Atom des einen Stoffes an das Atom eines andern Stoffes anlegt, so folgt hieraus, daß bei einfachen Verbindungen die Zahl der Atome beider Stoffe gleich sein muß.

Nehmen wir wiederum die Bildung von Zinnober aus Schwefel und Quecksilber als Beispiel für viele andere Verbindungen an, so wissen wir, daß eigentlich ein Atom Zinnober eine Art Doppelatom ist, weil es aus der Verbindung der zwei Atome entstanden ist, von denen das eine Schwefel, das andere Quecksilber ist. — Wenn wir nun ein wenig Zinnober vor uns haben, so wissen wir zwar nicht, wieviele Atome darin sind, wir kennen also auch nicht die Zahl der Schwefel- und der Quecksilber-Atome, die darin enthalten sind. Es ist möglich, daß ein wenig Zinnober, das der Maler auf seinem feinsten Pinsel zerreibt, viele Millionen oder gar Billionen Atome enthält. Aber wir wissen wenigstens das Eine, daß im Zinnober immer die Zahl der Schwefel-Atome eben so groß ist wie die Zahl der Quecksilber-Atome. Denn, da Zinnober nur entsteht, wenn sich die zwei verschiedenen Atome paaren, so würde jedes Atom Schwefel, das nicht ein Atom Quecksilber findet, um sich mit ihm zu paaren, als Schwefel übrig bleiben; dasselbe wäre mit jedem Atom Quecksilber der Fall, das nicht ein Atom Schwefel vorfindet; es würde übrig bleiben und nichts zur Bildung des Zinnobers beitragen können. Hiernach also steht es fest, daß immer im Zinnober der Zahl nach netto so viele Atome Schwefel vorhanden sind, als Atome Quecksilber.

Hieraus aber wird es klar, warum es keinen Zinnober

geben kann, der ein bischen mehr Quecksilber oder ein bischen mehr Schwefel enthält als irgend welcher Zinnober in der Welt. Kein Chemiker vermag einen Zinnober herzustellen, worin ein anderes Verhältniß des Quecksilbers zum Schwefel stattfindet, und wie es mit dem Zinnober der Fall ist, so ist es mit allen chemischen Dingen der Fall. Sie können durch fremde Beimischung mehr oder weniger verunreinigt werden; reinigt man sie aber, so bleiben sie sich in Bezug auf ihre Bestandtheile ganz gleich.

Nun aber wissen wir, daß man immer zu 200 Loth Schwefel netto 1250 Loth Quecksilber nehmen muß, um aus ihnen 1450 Loth Zinnober zu machen. Wie groß die Zahl der Atome in dieser Portion Zinnober ist, das weiß man freilich nicht anzugeben, jedoch aus der chemischen Verbindung weiß man mit vollster Sicherheit zu bestimmen, daß sich das Gewicht eines jeden Atoms Schwefel zu jedem Atom Quecksilber verhalten muß wie 200 zu 1250, oder daß ein Atom Schwefel 6¼ mal leichter wiegt als ein Atom Quecksilber.

Ganz so wie es hier mit dem Schwefel und dem Zinnober der Fall ist, so ist es auch ein Gleiches mit den andern chemischen Verbindungen. So wissen wir z. B. daß Chlor und Natrium das gewöhnliche Kochsalz bilden. Hieraus zieht man den Schluß, daß auch hier bei der Bildung des Kochsalzes stets ein Atom Chlor sich an ein Atom Natrium anlegt, und wenn sich eine ganze Menge solcher Doppelatome gebildet hat, so erscheinen sie unsern Augen als Salz. Nun aber hat die Erfahrung gelehrt, daß man stets 443 Loth Chlor mit 290 Loth Natrium zusammenbringen muß, um 733 Loth Kochsalz zu bilden. Da nun die Zahl der Chlor-Atome im Salz ganz gleich groß ist jener der Natrium-Atome, so ist der Schluß vollkommen

sicher, daß ein Atom Chlor dem Gewichte nach mehr als anderthalbmal schwerer ist als ein Atom Natrium.

Auf diesem Wege ist die Naturforschung dahinter gekommen, nicht nur die Gewichtsmengen anzugeben, in welchen sich zwei Urstoffe mit einander chemisch verbinden, sondern auch den Schluß zu ziehen, daß diese Zahlen zugleich das Gewichtsverhältniß der Atome jedes einzelnen Urstoffes darstellen.

Bedenkt man hierbei, daß noch kein Menschenauge jemals ein einzelnes Atom irgend eines Stoffes gesehen hat, daß man es wie einen Wahnsinn betrachten würde, wenn Jemand behauptete, er wolle ein unsichtbares Atom auf die Wagschale legen, um dessen Gewicht zu bestimmen, daß aber dennoch durch die Chemie auf's allerbestimmteste festgestellt ist, wie sich die Atomgewichte sämmtlicher Urstoffe zu einander verhalten, so hat man Ursache dem Geist der Wissenschaft die höchste Achtung zu zollen, der in jene Tiefen der Natur einzudringen vermag, welche nicht nur dem menschlichen Auge, sondern selbst der Hilfe der Mikroskope noch verschlossen sind, die sonst so viele Geheimnisse der geschaffenen Welt enthüllen.

Jetzt erst wird es klar, warum nur 100 Gewichtstheile Sauerstoff mit 12½ Gewichtstheilen Wasserstoff im Stande sind, Wasser zu bilden, weshalb weder mehr Sauerstoff noch mehr Wasserstoff dazu genommen werden kann. Es geschieht dies deshalb, weil in hundert Gewichtstheilen Sauerstoff netto so viele Atome vorhanden sind, wie in 12½ Gewichtstheilen Wasserstoff, wodurch die vollständige Paarung möglich ist, ohne daß ein Atom des einen oder andern Stoffes übrig bleibt*).

*) Vor dem Eingeweihten brauchen wir uns wol nicht erst zu entschuldigen, daß wir das Atomgewicht des Wasserstoffs der

Bei der Bildung des Wassers hat man so recht den Beweis, daß wirklich eine solche Paarung der Atome vor sich geht und zwar, daß sich immer ein Atom Sauerstoff etwa in den Zwischenraum hineinbettet, der zwischen einem Atom Wasserstoff und dem andern sich befindet. Bringt man nämlich ein Maß Sauerstoff und zwei Maß Wasserstoff zu einander und versucht man eine chemische Verbindung dieser Gase, so entstehen nicht, wie man meinen sollte, drei Maß Wassergas, sondern nur zwei Maß. Es haben sich also die Gase verdichtet, das aber kann eben nicht anders geschehen, als wenn die Zwischenräume, welche die Atome früher getrennt haben, sich verkleinerten, so daß die Atome nunmehr näher an einander gerückt sind!

XXIX. Die mehrfachen Verbindungen der Atome.

Ganz in derselben Weise, wie wir gesehen haben, daß aus zwei Maß Wasserstoffgas und einem Maß Sauerstoffgas nicht drei, sondern nur zwei Maß Wasserdampf werden, daß also hier die chemische Verbindung zugleich eine Verdichtung der Gase hervorgerufen hat, ganz so ist es in vielen anderen Verbindungen der Fall. So wissen wir z. B., daß aus drei Maß Wasserstoffgas und einem Maß Stickstoffgas nicht vier Maß Ammoniakgas entstehen, sondern nur zwei Maß Ammoniak. Es haben sich also die Gase bei ihrer chemischen Verbindung sofort verdichtet.

Einfachheit wegen gleich $12^1/_2$ gesetzt haben und dies gleich einem einfachen Atom behandeln, obgleich dieser Werth nur einem Doppelatom desselben zukommt.

Dies aber kann auf keine andere Weise geschehen, als daß sich die Räume zwischen den Atomen verkleinern und die Atome sich näher an einander gerückt haben.

Viele andere Fälle zeigen dieselbe Erscheinung; am leichtesten jedoch kann man sich von dem Vorhandensein der Zwischenräume zwischen einem Atom und dem andern überzeugen, wenn man mit Flüssigkeiten Versuche anstellt.

Nimmt man ein Glas Wasser und ein Glas Schwefelsäure und mischt sie mit einander, so geben sie beide nicht zwei Gläser Mischung, wie man vermuthen sollte, sondern bedeutend weniger. Ein Gleiches ist bei vielen anderen Flüssigkeiten der Fall. Wie aber soll man sich dies anders erklären, als daß die beiden Flüssigkeiten sich nicht nur mischen, sondern daß sie zugleich ihre Atome nach der Mischung näher aneinander rücken, so daß sie dichter gelagert sind als sie bei einer bloßen Mischung gewesen wären!

Wir dürfen versichern, daß viele tausendfältige Versuche gemacht worden sind, ehe sich die Wissenschaft dazu entschlossen hat, die Existenz von Atomen anzunehmen, und können sagen, daß unendlich weitere Untersuchungen immer mehr und mehr die Bestätigung geliefert haben, daß in Wahrheit alle Dinge in der Welt, sowol feste, wie flüssige und gasförmige immer nur Ansammlungen von einzelnen Atomen sind, welche bei chemischen Verbindungen zweier Stoffe sich paaren und so einen neuen chemisch hervorgebrachten Stoff bilden.

Wenn aber wirklich nur eine solche Paarung stattfindet, wie soll man es sich erklären, daß oft ein Urstoff mit einem zweiten in mehreren Stufen Verbindungen eingeht? —

Wir haben gesehen, daß 175 Loth Stickstoff sich verbinden können mit 100 Loth Sauerstoff und auch mit

200 Loth, ebenso mit 300, mit 400, ja sogar mit 500 Loth Sauerstoff. Woher sollte das wol rühren, wenn wirklich immer nur eine Paarung der Atome stattfindet? — Sollen wir annehmen, daß in 175 Loth Stickstoff netto so viel Atome vorhanden sind als in 100 Loth Sauerstoff, so wäre bei dieser Verbindung schon die Paarung vollendet; wohin aber lagern sich bei den weiteren Stufen der Verbindung die noch hinzukommenden Atome Sauerstoff?

Die Antwort hierauf ist folgende.

Die einfachste chemische Verbindung ist in der That nur eine Paarung, wo sich immer ein Atom des einen Stoffes an ein Atom des andern Stoffes anlegt; allein man kann sich recht gut denken, daß sich auch oft an ein Atom des einen Stoffes zwei, oder drei, ja vier und fünf Atome eines zweiten Stoffes anlegen. Und in der That muß dies in vielen Fällen auch so sein. Wenn wirklich die Atome von Stickstoff unter gewissen Umständen eine Anziehungskraft ausüben auf Atome von Sauerstoff, so ist garnicht anzunehmen, daß diese Anziehungskraft ganz aufhört, sobald sich zwei Atome von Stickstoff und Sauerstoff nahe gekommen sind. Die Berührung oder die Annäherung dieser zwei Atome kann ja nur an einer Seite stattfinden; weshalb sollte die andere Seite des Stickstoffatoms nicht noch ein zweites Atom Sauerstoff anziehen können? Ein Gleiches kann aber auch von den zwei andern Seiten und eben so oben und unten der Fall sein. Es läßt sich leicht einsehen, daß ein Stickstoffatom rechts und links, vorn und hinten und eben so oben und unten immer ein Atom Sauerstoff anzieht und festhält, so daß sogar ein Atom Stickstoff sechs Atome Sauerstoff um sich sammeln kann.

Wenn wir nun auch solchen Fall noch nicht kennen, und nur die höchste Stufe der Verbindung von Stickstoff

und Sauerstoff in der Salpetersäure vor uns haben, wo stets 175 Loth Stickstoff mit 500 Loth Sauerstoff verbunden sind, so ist es noch keineswegs ausgemacht, daß man nicht noch einmal eine höhere Stufe der Verbindung wird zu Stande bringen können, wo wirklich 175 Gewichtstheile Stickstoff 600 Gewichtstheile aufnehmen, um eine andere chemische Flüssigkeit als Salpetersäure zu bilden. Als Thatsache wollen wir nur anführen, daß es garnicht lange her ist, daß man eine neue Verbindung von Wasserstoff und Sauerstoff kennen gelernt hat, eine andere als die, welche Wasser bildet. Diese neue Verbindung heißt Wasserstoff-Superoxyd und besteht aus einem Atom Wasserstoff mit zwei Atomen Sauerstoff.

Gerade aber der Umstand, daß man zu 175 Loth Stickstoff netto hundert Loth Sauerstoff nehmen muß, um Stickstoff-Oxydul zu erhalten, und wenn man Stickstoffoxyd haben will, durchaus 200 Loth Sauerstoff, wenn man salpetrige Säure haben will, noch ein volles hundert Loth, also 300 Loth nehmen muß, wenn man Untersalpetersäure machen will, netto wieder ein volles hundert Loth anwenden, und wenn man endlich Salpetersäure machen will, wiederum noch ein volles hundert, also 500 Loth Sauerstoff zusetzen muß, gerade dieser Umstand ist der schlagendste Beweis, daß in jedem hundert Loth Sauerstoff so viele Atome sein müssen, als in 175 Loth Stickstoff, so daß man, wenn man eine höhere Stufe der Verbindung erreichen will, immer für jedes einzelne Atom Stickstoff ein neues Atom Sauerstoff zubringen muß.

Und so ist denn die Atom-Lehre gerade durch die Chemie zur vollsten Gewißheit geworden, so daß man es dieser Wissenschaft zu danken hat, daß ein tiefer Blick in den geheimnißvollsten Theil der Natur gethan werden konnte.

XXX. Die Atome und die Wärme.

Eine höchst interessante Bestätigung erhielt die Lehre von den Atomen in neuerer Zeit auf einem ganz anderen Wege als dem chemischen und dieser Weg führte zu einem so überraschenden Resultate, daß er wiederum einen Aufschluß abgiebt für ein großes Naturgeheimniß.

Die Entdeckung, die wir meinen, beruht auf folgenden sehr interessanten Thatsachen.

Nehmen wir an, es stellt Jemand auf den Tisch seines Zimmers ein Stück Wachs und ein Stück Eisen und ein Stück Holz, ein Stück Leder und ein Glas Wasser. Nun heizt er die Stube so ein, daß sie etwa 12 Grad Wärme hat, so wird nach einiger Zeit all' das, was auf dem Tische liegt, ebenfalls 12 Grad warm sein.

Freilich werden sich die Gegenstände sehr verschieden anfühlen. Berührt man mit der Hand das Wachs und das Eisen, so wird es scheinen, als ob das Eisen kälter sei als das Wachs, ebenso wird man, dem Gefühl nach zu urtheilen, Verschiedenheiten in der Wärme der übrigen Gegenstände wahrzunehmen glauben; aber das ist doch nur eine Täuschung.

Hiervon kann man sich überzeugen, wenn man die Wärme der Gegenstände mit einem Thermometer untersucht; man wird finden, daß sie sammt und sonders 12 Grad warm sind.

Woher aber kommt es, daß sich das Eisen z. B. kälter anfühlt? Das kommt daher, daß das Eisen die Wärme der Hand schnell fortleitet, denn Eisen hat wie alle Metalle die Eigenschaft, daß es die Wärme schneller leitet als andere Stoffe es thun. Wenn man ein Schwefelhölzchen auf dem einen Ende anbrennt, kann man es am andern Ende in der Hand halten, weil die Wärme nicht

von einem Ende des Hölzchens zum andern geleitet wird. Macht man jedoch eine eben so große Stopfnadel an der einen Seite heiß, so kann man sie am andern Ende nicht in der Hand halten, weil die Wärme sich im Eisen verbreitet, oder weil Eisen, wie auch jedes andere Metall die Wärme leitet.

Fühlt man nun ein Stück Eisen von 12 Grad Wärme an, so giebt die wärmere Hand dem Eisen Wärme ab; bliebe nun die Wärme an der Stelle, so würde sich das Eisen so warm anfühlen wie jeder andere Gegenstand von 12 Grad Wärme; allein das Eisen leitet die Wärme durch das ganze Stück und entzieht so der Hand immer auf's neue frische Wärme und dies erregt in uns die Empfindung, als ob das Eisen kälter wäre als das Wachs, was in Wahrheit nicht der Fall ist.

Es steht vielmehr fest und kann durch die genauesten Versuche bewiesen werden, daß alle in einem Zimmer von gleicher Wärme befindlichen Dinge ganz gleich warm werden.

Ganz anders aber ist es, wenn man die genannten Dinge um einen Grad wärmer machen will. Gesetzt, man will das 12 Grad warme Wachs bis 13 Grad warm machen, so wird man eine gewisse Portion Wärme zuführen müssen; und eben so muß man Wärme hinzuführen, wenn man das Eisen, das Holz, das Leder und das Wasser um einen Grad wärmer zu haben wünscht. Allein die Portion Wärme, die hierzu nöthig ist, wird sehr verschieden sein. Nehmen wir an, all' die Gegenstände wären gleich groß, und nun hätte man ein Nebenzimmer, das gerade 13 Grad Wärme besitzt; wenn man nun den Tisch mit den Gegenständen in die Nebenstube trägt und dort stehen läßt, so wird man bemerken, daß das Stück Eisen in kurzer Zeit schon 13 Grad warm geworden ist. Sehr

lange nachher wird erst das Leder 13 Grad warm geworden sein, noch später wird das Wasser die Wärme von 13 Grad angenommen und am spätesten wird das Holz um einen Grad Wärme sich vermehrt haben.

Diese Verschiedenheit aber ist nicht etwa nur bei den vier Gegenständen, die wir angeführt haben, der Fall, sondern sie findet bei allen Dingen in der Welt statt, und um die Sache ein bischen strenger wissenschaftlich anzufassen, wollen wir annehmen, man habe statt der genannten vier Dinge vier chemische Urstoffe, also etwa ein Stück Eisen, ein Stück Blei, ein Stück Zinn, ein Stück Schwefel auf den Tisch gelegt und mit diesen die Versuche gemacht. Bei solchen Versuchen wird man finden, daß das Blei am allerschnellsten den Grad Wärme in sich aufgenommen hat; nächst ihm wird dann das Zinn den Grad Wärme aufnehmen; fast noch einmal so lange wird es dauern, bevor das Eisen den einen Grad Wärme aufnimmt; wohingegen das Stück Schwefel noch einmal so viel Zeit braucht als das Stück Eisen, um die gleiche Wärme anzunehmen.

Die scharfsinnigsten Naturforscher der neueren Zeit haben mit der allergrößten Sorgfalt diese Versuche auf alle chemischen Urstoffe ausgedehnt und haben durch genaue Zahlen festgestellt, wie sich jeder Urstoff hierzu verhält, und da hat man die herrliche Entdeckung gemacht, daß diese Erscheinung aufs genaueste mit den Atomen der Urstoffe und den chemischen Verbindungs-Zahlen im Zusammenhang steht.

XXXI. Was man spezifische Wärme der Stoffe nennt und wie die Atome erwärmt werden.

In unserem Beispiel haben wir gesehen, daß Blei am allerschnellsten den bewußten Grad Wärme annimmt, und genaue Messungen in den verschiedensten Methoden haben ergeben, daß es mehr wie sechsmal früher den Grad Wärme in sich aufnimmt als Schwefel.

Fragen wir uns, woher kommt das? so giebt die neueste Forschung hierauf folgende Antwort.

Aus der Chemie wissen wir, daß, wenn man eine Verbindung von Blei und Schwefel herstellen will, man immer 1290 Gewichtstheile Blei und 200 Gewichtstheile Schwefel dazu nehmen muß, das heißt, man muß mehr als sechsmal soviel Blei nehmen als Schwefel.

Nun aber wissen wir aus der Atomlehre, daß sich bei solchen chemischen Verbindungen immer ein Atom Blei an ein Atom Schwefel legt, so daß sie in der Verbindung Atompaare ausmachen. Hieraus folgt, daß z. B. 1290 Pfund Blei nur so viele einzelne Atome haben als 200 Pfund Schwefel; oder richtiger, daß in einem Pfund Blei über sechsmal weniger Atome sind, als in einem Pfund Schwefel. — Wollen wir nun ein Pfund Blei und ein Pfund Schwefel um einen Grad wärmer machen, so haben wir im Schwefel mehr als sechsmal so viel Atome zu erwärmen als im Blei, und deshalb dauert es auch mehr als sechsmal länger als es beim Blei dauert.

Das heißt einfacher ausgedrückt: ein einzelnes Schwefel-Atom nimmt eben so schnell die Wärme auf als ein Blei-Atom. Weshalb aber wird ein Pfund Blei mehr als sechsmal schneller warm als ein Pfund Schwefel? Weil im Pfund Schwefel mehr als sechsmal so viele Atome vorhanden sind.

Geben wir einmal Acht, wie dies auch bei andern Stoffen zutrifft.

Wollen wir z. B. ein Pfund Zinn um einen Grad wärmer machen, so braucht man nur den vierten Theil dazu, wie um ein Pfund Schwefel um einen Grad zu erwärmen. Also Zinn wird viermal leichter erwärmt als Schwefel. Versucht man es Zinn mit Schwefel chemisch zu verbinden, so findet man, daß man von Zinn 730 Gewichtstheile und von Schwefel 200 Gewichtstheile dazu nehmen muß. Man hat also Ursache zu schließen, daß 730 Pfund Zinn netto so viele Atome enthalten als 200 Pfund Schwefel; das heißt: ein Pfund Schwefel hat an viermal so viele Atome in sich als ein Pfund Zinn. Hieraus folgt nun, daß, wenn auch jedes einzelne Atom gleich schnell warm wird, es doch viermal so lange dauern muß, um ein Pfund Schwefel zu erwärmen als ein Pfund Zinn, weil im Pfund Schwefel wirklich viermal so viele Atome stecken als im Pfund Zinn.

Vom Eisen wissen wir durch Versuche, daß ein Pfund davon fast noch einmal so schnell die Wärme aufnimmt als ein Pfund Schwefel. Sehen wir aber zu, wie sich Eisen mit Schwefel chemisch verbindet, so finden wir, daß 350 Gewichtstheile Eisen sich mit 200 Gewichtstheilen Schwefel verbinden, das heißt in 350 Pfund Eisen sind eben so viele Atome als in 200 Pfund Schwefel. Hieraus folgt, daß in einem Pfund Schwefel fast noch einmal so viele Atome vorhanden sind als in einem Pfund Eisen. Es ist also ganz erklärlich, daß ein Pfund Schwefel noch einmal so lange erwärmt werden muß, um so warm zu werden als ein Pfund Eisen.

Wenn wir nun die Versicherung geben, daß erstens die Zahlen weit genauer stimmen als wie wir sie hier der Leichtigkeit wegen angeben; daß zweitens die Ueberein-

stimmung, die wir hier zwischen Erwärmung und Atom-Zahl zeigen, nicht nur bei den angegebenen Stoffen, sondern bei allen festen Stoffen stattfindet; daß drittens die kleinen Abweichungen, die sich vorfinden, noch auf Rechnung der schwer zu meidenden Beobachtungsfehler zu setzen sind: so wird man gestehen, daß die Lehre von den Atomen, die die Chemie aufgestellt hat, die glänzendste Bestätigung erhält durch die Beobachtungen, die man beim Gesetz der Erwärmung oder bei der Untersuchung „der spezifischen Wärme der Stoffe" — wie man dies wissenschaftlich nennt — gemacht hat.

Freilich ist es wahr, daß diese Uebereinstimmung nur auf die festen Stoffe paßt, während die gasförmigen Stoffe sich nicht in demselben Maße erwärmen, wie die Zahl ihrer chemischen Atome ergeben müßte. Allein man darf hierbei folgendes nicht außer Acht lassen.

Gasförmige Körper dehnen sich bei der Erwärmung außerordentlich stark aus und gerade bei jeder Ausdehnung wird wiederum Kälte erzeugt. Es ist demnach eine Beobachtung der wirklichen Erwärmung gasförmiger Stoffe außerordentlich schwierig, weil man nicht weiß, wie die Ausdehnung der Erwärmung entgegenarbeitet. Trotzdem aber zeigen die Versuche, daß alle gasförmigen Urstoffe, also z. B. Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, in gleicher Weise untereinander übereinstimmend sowol in der Erwärmung wie in der chemischen Verbindung sind, und daß sie auffallender Weise gerade noch einmal so lange erwärmt werden müssen, als die Berechnung ihrer Atome ergiebt. Dieser Umstand führt dahin, gerade die Atom-Lehre zu stützen und für die Abweichung zwischen festen und gasförmigen Stoffen eine Ursache aufzusuchen, die uns für jetzt noch ein Naturgeheimniß ist.

Denn daß noch viele geheime Ursachen in der Natur

walten, die die Forscher noch nicht kennen, ist vollkommen richtig, und wir wollen im nächsten Abschnitt ein kleines Geheimniß derart einmal vorführen, auf welches man gegenwärtig ernstlich in der Wissenschaft Jagd macht.

XXXII. Was man unter Diffusion versteht.

Das Naturgeheimniß, hinter welchem, wie wir sagten, die Forschung gegenwärtig ernstlich Jagd macht, nennt man wissenschaftlich das Gesetz der Diffusion.

Was man darunter versteht, wird man am leichtesten einsehen, wenn wir eines Versuches erwähnen, der in Paris mit großer Sorgfalt angestellt ist.

In den Kellerräumen des Gebäudes der Akademie der Wissenschaften in Paris, an einem Orte, wo man sich versichert hatte, daß keine Erschütterung von der Straße her eindringe, stellte man einen großen Ballon auf, gefüllt mit Kohlensäuregas. Ueber diesem Ballon wurde ein zweiter Ballon angebracht, der jedoch den untern nicht berührte, und dieser obere Ballon wurde mit Wasserstoffgas gefüllt. Sodann wurde ein dünnes Glasrohr von dem einen Ballon zum andern geführt. Als man nach einigen Tagen die Gase in beiden Ballons untersuchte, fand es sich, daß sowol im untern wie im obern Ballon eine ganz gleiche Mischung beider Gase vorhanden war, so daß sich allenthalben in den beiden Ballons ein ganz gleiches Gemisch von Kohlensäure- und Wasserstoffgas durch das Glasrohr hergestellt haben muß.

Nun aber weiß man durch Versuche, daß Kohlensäure- und Wasserstoffgas sich chemisch nicht so verbinden; also eine chemische Anziehung der Atome findet hier nicht statt.

Ferner steht es fest, daß Kohlensäuregas an fünfzehnmal schwerer ist als Wasserstoffgas, daß also eigentlich das schwere Gas, die Kohlensäure im untersten Ballon, das leichte Wasserstoffgas im obersten Ballon hätte bleiben müssen. Ja, man hätte sogar schließen sollen, daß, wenn man gleich das Gemisch beider Gase in beide Ballons gebracht hätte, die Leichtigkeit des Wasserstoffgases dieses hätte zum Steigen, die Schwere der Kohlensäure diese hätte zum Sinken veranlassen, so daß sich eigentlich das Wasserstoffgas in den obern Ballon, die Kohlensäure in den untern Ballon hätte hinbegeben müssen. Gleichwol geschieht dies nicht: es tritt vielmehr das Gegentheil ein. Es stellt sich eine Mischung zweier Gase her ganz gegen das sonst allenthalben gültige Gesetz der Schwere, und offenbar nach einem uns noch unbekannten Gesetz.

Für den ersten Augenblick könnte es scheinen, als wäre das Räthsel dieser Mischung, die man eben die „Diffusion" nennt, garnicht so wichtig, um so viele Versuche damit zu machen: allein die Sache hat ihre tiefere Bedeutung nicht nur für die Wissenschaft, sondern auch die höchste Wichtigkeit für das Leben, denn nur dieser Diffusionskraft verdanken wir es, daß wir athmen und leben.

Schon vor fünfzig Jahren, als man dahinter gekommen war, daß unsere Luft aus einem Gemisch von Sauerstoff und Stickstoff besteht, hat Alexander von Humboldt durch Versuche die interessante und wichtige Thatsache nachgewiesen, daß die beiden Gase Stickstoff und Sauerstoff immer und allenthalben in ganz gleichen Mischungen vorhanden sind. Er untersuchte die Luft in überfüllten Theatern, wo Tausende von Menschen den Sauerstoff einathmen und Kohlensäure ausathmen, und fand, daß auch hier immer auf vier Theile Stickstoff ein Theil Sauerstoff vorhanden ist. Ganz dasselbe Resultat stellte sich heraus bei

Untersuchung der Luft auf hohen Gebirgen, ja, der genannte Naturforscher und Denker untersuchte Luft, welche er durch aufsteigende Luftballons aus den verschiedensten Höhen des Luftmeeres herabholte; immer blieb sich das Resultat gleich. Es fand sich allenthalben, daß in 100 Maß Luft 79 Maß Stickstoff und 21 Maß Sauerstoff vorhanden waren.

Ist schon dies allein für das Leben der Thiere und Menschen von der größten Wichtigkeit, da eine Störung der Mischung unserer Luft wesentlich die Gesundheit gefährden würde, so ist es noch wichtiger, daß die Kohlensäure, die wir ausathmen, nicht zu Boden sinkt, obgleich sie schwerer ist als die gewöhnliche Luft, sondern daß sie sich selbst bei vollständigster Windstille mit der Luft äußerst regelmäßig mischt und so bis in die höchsten Höhen des Luftkreises dringt. Wäre dies nicht der Fall, so müßten wir im Zimmer oder an windstillen Orten im eignen Athem ersticken.

Was aber ist dies für eine geheime Kraft, welche diese Mischung der Gasarten veranlaßt?

Die Naturwissenschaft weiß hierauf noch keine Antwort zu geben, denn sie ist erst daran, die Erscheinung selber durch mannigfache Versuche genauer zu erforschen. Der verdienstvolle englische Gelehrte Graham ist gegenwärtig mit diesem wichtigen Gegenstande beschäftigt und die Resultate sind für jetzt noch nicht bekannt; allein aus Allem, was man bisher hierüber schon weiß, läßt sich der Schluß ziehen, daß ähnlich, wie die chemische Kraft Atom zu Atom gleichmäßig lagert, auch eine Kraft vorhanden ist, die gleichmäßige M i s c h u n g e n hervorbringt, selbst wenn eine wirkliche chemische Verbindung nicht zu Stande kommt. —

Möglicherweise ist die Erscheinung der Diffusion, dieses

unerklärte gleichmäßige Mischen der Atome verschiedener Gase, die erste Grundlage oder auch nur der Vorläufer der chemischen Anziehung.

XXXIII. Wie Chemie und Elektrizität mit einander verwandt sind.

Wir haben bisher das Geheimniß der chemischen Verbindungen dadurch zu erklären versucht, daß wir in den Atomen eine Anziehungskraft angenommen haben, welche es bewirkt, daß zwei Atome verschiedener Stoffe sich zu paaren bestrebt sind, oder in einzelnen Fällen sich mehrere Atome eines Stoffes an ein Atom eines anderen Stoffes anlegen.

Allein es wird unsern Lesern nicht entgangen sein, daß hierdurch nur erklärt wird, weshalb sich gerade nur gewisse Gewichtstheile eines Stoffes mit genau bestimmten Gewichtstheilen eines andern Stoffes verbinden; es bleibt aber immer noch die Frage: was ist denn das für eine Kraft, welche in den Atomen sitzen soll? Zeigt sich diese Kraft auch in anderen Fällen als bei chemischen Verbindungen? Ist diese Kraft eine ganz neue, den Atomen eigene, oder haben wir vielleicht diese Kraft schon anderweitig wirken sehen, ohne erkannt zu haben, daß sie zugleich die sogenannte chemische Anziehungskraft ist?

Auf diese Frage hat die Naturwissenschaft ganz besonders ihr Augenmerk gerichtet und die Antwort hierauf mit ziemlicher Sicherheit aufgefunden.

Wir wollen das, was die Wissenschaft hierüber ausfindig gemacht hat, in möglichst deutlichen Umrissen hier unsern Lesern vorführen.

Seit der Zeit, daß man die Elektrizität und die Chemie näher zu untersuchen begonnen hat, stellte sich schon mit einiger Sicherheit heraus, daß jedesmal, wo ein chemischer Vorgang stattfindet, auch zugleich elektrische Wirkungen aufgefunden werden können, und ebenso, zum Theil noch auffallender, zeigen sich chemische Wirkungen allenthalben, wo man elektrische Ströme in Bewegung setzt.

Schon dies hat auf den Gedanken geführt, daß Chemie und Elektrizität sehr nahe verwandt, obgleich sie in ihren Erscheinungen außerordentlich verschieden sind.

Als man jedoch die Entdeckung machte, daß man durch elektrische Ströme die allerbedeutendsten chemischen Wirkungen hervorzubringen vermag, und man andererseits durch Elektrizitäts-Messer den Beweis lieferte, daß es garnicht möglich ist, einen chemischen Vorgang herzustellen, ohne daß elektrische Ströme dabei thätig sind, da griff die Ansicht um sich, daß chemische und elektrische Kraft eins und dasselbe sein müssen. Auf diesem Wege weiter gehend, fand man auch wirklich in der Elektrizität den Grund der chemischen Erscheinung und man ist im Stande, die Antwort auf die obigen Fragen dahin zu geben, daß die gesuchte chemische Kraft eigentlich die elektrische Kraft ist, welche außer ihren Erscheinungen auch noch chemische Wirkungen hervorbringt.

In der That verdankt man den Wirkungen der elektrischen Ströme die wichtigsten chemischen Entdeckungen. Wir wollen einige dieser Entdeckungen hier aufführen.

Vor dem Jahre 1807 hatte man keine Idee davon, daß gewisse Dinge, die wir alltäglich sehen und mit ihnen hantiren, eigentlich Metalle sind, die sich mit Sauerstoff oder Kohlensäure oder sonst einem andern Stoffe verbunden haben. Der Kalk z. B. ist gewiß ein sehr bekanntes Material und ist seit Jahrtausenden von Menschen benutzt

worden, ohne daß man selbst in schon wissenschaftlichen Zeitaltern mehr davon zu sagen wußte, als daß er eine Erdart sei. Nicht minder ist Kali, der eigentliche Bestandtheil der Pottasche, und auch Natron, der Hauptbestandtheil der Soda, allgemein bekannt. Daß aber diese Dinge eigentlich ganz etwas anderes sind, als sie erscheinen, das hat man durch die chemische Wirkung der galvanischen Säule entdeckt.

Im Jahre 1807 brachte Davy, einer der verdienstvollsten Naturforscher der neueren Zeit, ein Stückchen Kali zwischen die Pole einer sehr starken galvanischen Säule und bemerkte zu seinem Erstaunen, daß der elektrische Strom, indem er durch das Kali geht, dieses in zwei Bestandtheile zerlegt, von denen der eine gewöhnliches Sauerstoffgas und der andere ein silberähnliches, blankes, sehr leichtes Metall ist. Zugleich aber bemerkte er, daß die an dem galvanischen Pol sich bildenden blanken Kügelchen sofort wieder in der Luft beschlagen, weiß und salzartig werden, und daß sie sich wiederum in Kali verwandeln. — Er verstand diese Erscheinung sehr wohl und fand mit Leichtigkeit heraus, daß eigentlich Kali nichts ist als ein bis dahin unbekanntes Metall, das mit großer Begierde Sauerstoff anzieht und sich mit ihm verbindet, so daß man in der Natur nirgends dieses Metall rein auffinden kann. Davy nannte dieses Metall „Kalium“ und jetzt stellt man dasselbe bereits auf anderem als galvanischen Wege her.

Aehnlich ging es mit dem Natron, in welchem man durch Einwirkung des Galvanismus das Metall „Natrium“ entdeckte, und ein Gleiches war mit dem Kalk, Gyps, Marmor und der Kreide der Fall, welche insgesammt nur chemische Verbindungen eines bis zu diesem Jahrhunderte unbekannten Metalls sind, welches man Calcium nennt.

Da man auf diesem Wege merkte, welche wichtigen

Aufschlüsse der elektrische Strom über die Chemie giebt, versuchte man weitere Erfolge zu erringen und gelangte dahin, die eigentliche chemische Wirkung der Elektrizität näher kennen zu lernen, was wir nun auch thun wollen.

XXXIV. Die chemischen Wirkungen galvanischer Ströme.

Schon zu Anfang dieses Jahrhunderts hatten die Naturforscher Carlisle und Nicholson die Entdeckung gemacht, daß wenn man die beiden Pole einer starken galvanischen Kette in ein dazu eingerichtetes Gefäß mit Wasser leitet, an dem negativen Pol Bläschen von Wasserstoffgas aufsteigen, während der positive Pol sich mit Sauerstoffgas verbindet. Später kam man auf den Gedanken, einen Silber- oder Platindraht statt des positiven Pols zu benutzen, und da diese Metalle nicht leicht Verbindungen mit Sauerstoff eingehen, bemerkte man auch, daß am positiven Pol Bläschen von Sauerstoffgas aufsteigen. Woher aber kamen diese Gase? — Sie entstanden daher, daß der elektrische Strom das Wasser in seine chemischen Urstoffe zerlegte, die zu Wasser verbundenen Gase, Wasserstoff und Sauerstoff, aus einander riß, so daß beide Gase, die früher zusammen Wasser bildeten, nunmehr sich trennten und als freie Gasbläschen im übrigen Wasser aufstiegen.

Da man diesen Versuch weiter fortsetzte und die Vorrichtungen zu demselben verbesserte, so ist man jetzt im Stande vor dem Auge jedes Wißbegierigen eine kleine Portion Wasser in die zwei Gase direkt zu zerlegen, damit er sich durch den Augenschein überzeuge, daß Wasser etwas

ganz anderes ist, als man sich im gewöhnlichen Leben vorstellt.

Es kann sich wohl jeder unserer Leser denken, daß man nicht unterließ, alle möglichen chemischen Stoffe dem elektrischen Strom einer galvanischen Säule auszusetzen und wir können versichern, daß es bald keine chemische Verbindung mehr gab, die nicht durch den galvanischen Strom aufgehoben wurde. Daß auf diesem Wege ganz neue Urstoffe, aus ihren Verbindungen gelöst, erst bekannt wurden, haben wir bereits erwähnt.

Wie aber geht das zu? Woher kommt diese Kraft des galvanischen Stromes, die im Stande ist, chemische Wirkungen zu äußern? Was hat die Elektrizität mit der chemischen Kraft zu thun, die ihr garnicht im mindesten ähnlich zu sein scheint?

Die Antwort auf all' diese Fragen hat man erst nach sehr ausführlichen Untersuchungen zu geben gewagt; denn — das müssen wir nur sagen — in der Naturwissenschaft herrscht ein ungeheures Mißtrauen gegen schnellfertige Antworten, und wenn es gleich auf ihrem Gebiet nicht an Köpfen fehlt, die nie um Antworten verlegen sind, so verschafft sich doch eine Antwort, und wäre sie auch noch so treffend, nicht früher volle Geltung, bis sie durch Beweise gestützt ist, welche sie unumstößlich, mindestens im höchsten Grade wahrscheinlich machen.

Die Antwort, die man auf obige Fragen jetzt mit möglichst hinreichender Sicherheit geben kann, lautet kurz gefaßt wie folgt:

Man hat sich bisher eingebildet, es gäbe eine chemische Kraft, welche in den Atomen stecke und Verbindungen und Verwandlungen der Stoffe veranlasse; dies ist ein Irrthum. Das, was man als chemische besondere Kraft ansah, ist nichts als die elektrische Kraft der Atome und

die ganze Chemie ist nur eine Erscheinung der Elektrizität, ein Zweig der Wirkung dieser die ganze Welt der Stoffe durchdringenden Kraft.

Diese Antwort klingt für den ersten Augenblick freilich kühn, und sie hat auch wirklich nicht wenige Gegner gefunden: aber man söhnt sich mit dieser Antwort aus, sobald man erst einsieht, daß in der wirklichen Natur die Kräfte gar nicht in so einzelne Fächer gesondert sind, wie es in Lehrbüchern der Fall ist und sein muß, daß vielmehr in der wirklichen Welt die geheimen Kräfte innig in einander greifen und wahrscheinlich aus einer einheitlichen Gesammtkraft stammen, die wir uns nur in viele Kräfte zerlegen, weil wir sie in ihrer Einheit noch nicht zu fassen vermögen.

Wie sich der Mensch die Zeit eintheilt in Stunden, Tage, Jahre, Jahrzehnte, Jahrhunderte, Jahrtausende, Jahrmillionen, obwol er weiß, daß in Wahrheit diese Eintheilung nicht existirt und nur ein Hilfsmittel für uns ist, um irgend ein Moment aus der Reihe der ewigen Wandelungen in unserer Vorstellung festzuhalten, so theilt die menschliche Wissenschaftlichkeit auch die eine Naturerscheinung in gesonderte Naturerscheinungen und bringt zu ihrer übersichtlichen Belehrung die Natur in Fächer, von welchen die Natur selber sicherlich nichts weiß.

Ein jedes Steinchen, das wir mit dem Fuße gedankenlos zertreten, gehört im Bereich der Naturwissenschaft in viele gesonderte Fächer. Der Mineralog kann sein Entstehen, der Chemiker seine Bestandtheile studiren, der Physiker kann die spezifische Wärme, das spezifische Gewicht, die Lichtbrechung, den Zusammenhang, das Gefüge und die elektrische Eigenschaft untersuchen, und bei jeder dieser Untersuchungen setzt man eine gesonderte Kraft voraus, die in diesem Steinchen thätig ist. Die Natur

selber aber treibt schwerlich all' diese gesonderten wissenschaftlichen Fächer bei der Bildung dieses Steinchens, sondern ist wahrscheinlich in einer Einheit dabei thätig, deren Mannigfaltigkeit nur in der Erscheinung liegt.

Sieht man aber die Sache von diesem Gesichtspunkte an, so kann man es nur als einen großen Schritt näher zur Wahrheit bezeichnen, wenn es gelingt, nachzuweisen, daß zwei Kräfte, welche die Wissenschaft als gesonderte Fächer behandelt, wie es mit der Elektrizität und Chemie der Fall, im Grunde genommen nur Eins und Dasselbe sind, das sich nur in verschiedener Weise äußert.

XXXV. Von der elektro-chemischen geheimen Kraft.

Wir wollen nun einmal sehen, wie man sich den ganzen geheimen Vorgang in der Chemie erklären kann, wenn man die Elektrizität zu Hilfe ruft und statt der zwei getrennten Kräfte, die wir bisher betrachtet haben, nur eine Kraft und zwar die „elektro-chemische" annimmt.

Der Aufschluß, den die „elektro-chemische" Lehre über die Erscheinungen der Chemie giebt, besteht im Wesentlichen in Folgendem.

Wir wissen es bereits, daß ein Stück Zink und ein Stück Kupfer, die sich berühren, eine elektrische Trennung in beiden Metallen erzeugen. Das Zink wird positiv-elektrisch und das Kupfer wird negativ-elektrisch. Durch geeignete Vorrichtungen ist man sogar, wie wir schon gesehen haben, im Stande höchst wirksame elektrische Ströme durch die bloße Berührung dieser zwei Metalle hervorzurufen. Mag nun der Grund dieser Erscheinung

sein, welcher er wolle, so steht doch so viel fest, daß vor der Berührung des Zinks und Kupfers weder das Zink, noch das Kupfer irgendwelche elektrische Eigenschaft zeigt, daß aber die elektrische Kraft nur erst bei dem Aneinanderbringen der Metalle erzeugt wird.

Nun, sagt der Elektro-Chemiker, ist es höchst wahrscheinlich, daß eine ganz ähnliche Trennung der Elektrizität in allen sogenannten chemischen Urstoffen stattfindet, sobald sich zwei verschiedene Atome derselben berühren. Das Atom des einen Urstoffs wird negativ-elektrisch und das Atom des andern Stoffes wird positiv-elektrisch. Da wir aber bereits wissen, daß positive und negative Elektrizität sich anziehen, so ist es ganz erklärlich, daß zwei verschiedene Atome sich anziehen, sobald sie sich sehr nahe sind, weil sie entgegengesetzte Elektrizität besitzen; und so verbinden sich die beiden Atome, das heißt, sie bilden ein Atompaar und halten sich mit einer gewissen Kraft fest, und zwar ist diese Kraft keine andere als die elektrische.

Haben die zwei Atome das gethan, so sagen wir freilich, sie hätten sich *chemisch* verbunden: allein, die Bezeichnung ist ungenau; wir müßten eigentlich sagen: sie haben sich *elektrisch* verbunden; denn, was sie an einander bindet, ist eben die bei ihrer Berührung in ihnen hervorgerufene verschiedene Elektrizität.

Zwar liegt die Frage sehr nahe, warum geschieht denn das nicht bei der Berührung von Zink und Kupfer? Warum trennen sich immerfort die Elektrizitäten und senden negative Ströme durch das Kupfer und positive durch das Zink davon, ohne daß zwischen Zink und Kupfer das vorgeht, was wir gewöhnlich chemische Verbindung nennen? — Allein die Antwort hierauf ist sehr einfach.

Wären wir im Stande, ein loses Zinkatom an ein

loses Kupferatom zu bringen, so würden sie sich in der That festhalten und ihre entgegengesetzte Elektrizität würde wirklich das bewirken, was man eine chemische Verbindung nennt. Es würde ein Atom-Pärchen entstehen, das Zink-Kupfer bilden würde. Allein wir können kein loses Atom Zink herstellen und eben so wenig ein loses Atom Kupfer. In einem noch so kleinen Stückchen Zink oder Kupfer hängt das Atom fest zusammen mit dem ganzen Stück und kann sich nicht trennen. Nun kommt noch dazu, daß sie beide Metalle sind, die die Elektrizität leiten. Die Trennung der Elektrizität, die an der Berührungsstelle eines Stücks Zinks oder Kupfers vor sich geht, leitet sich sogleich fort durch beide Metalle, und löthet man Drähte an die Metalle und bringt deren Enden an einander, so entsteht sogar ein Strom von beiden Seiten her, so daß die getrennten Elektrizitäten sich in dieser geschlossenen Kette fortwährend verbinden, wie sie sich an der Berührungsstelle fortwährend trennen. Es findet also das, was man chemische Verbindung der Atome nennt, nicht statt, sondern es stellt sich eine andere Ausgleichung der Elektrizitäten her und zwar durch einen elektrischen Strom.

Kommen aber zwei Atome anderer Stoffe mit einander in Berührung, von denen eins oder beide Atome nicht im Zusammenhang mit einem festen Stück sind, und findet bei ihnen oder bei einem von ihnen nicht der Umstand statt, daß sie die in ihnen entstehende Elektrizität fortleiten, so müssen sie zu einander und sie thun es wegen der entgegengesetzten Elektrizität, die in ihnen erweckt ist, und so lagert sich Atom zu Atom und sie bilden beisammen Atom-Pärchen, von denen wir sagen, sie haben sich chemisch verbunden.

In der That bestätigt die Erfahrung diese Annahme. Zwei trockene feste Stoffe verbinden sich durchaus nicht

chemisch. Schwefel und Eisen können Jahrhunderte lang bei einander liegen, es wird kein Schwefel-Eisen entstehen. Will man eine chemische Verbindung zweier Stoffe haben, so muß man mindestens einen in einen Zustand versetzen, wo seine Atome loser zusammenhängen und dann gelingt in vielen Fällen die Verbindung. — Wären wir im Stande, Sauerstoff festzumachen, so könnte man ihn mit einem Stück Kalium zusammenpacken, trotzdem die Neigung zwischen beiden, sich zu verbinden, so unendlich groß ist. Sie würden als trockene feste Körper bei einander liegen, ohne chemische Verbindungen einzugehen. Dahingegen wissen wir, daß der gasförmige Sauerstoff, weil er eben ein Gas ist und seine Atome nicht festhält, ein gefährlicher Nachbar für Kalium ist. Die chemische Verbindung beider geschieht mit großer Energie. Aehnlich geht es mit allen Stoffen, die sich chemisch verbinden und das bestätigt schon wenigstens in dieser Beziehung die eben von uns ausgesprochene Behauptung.

Allein diese Bestätigung ist an sich noch sehr geringfügig, denn wir werden sogleich sehen, daß die eigentlichen chemischen Räthsel höchst überraschende und interessante Erklärungen finden, sobald man zu ihrer Lösung die elektrische Kraft zu Hilfe ruft.

XXXVI. Die Erklärung der chemischen Erscheinungen durch elektrische Kräfte.

Um einzusehen, wie viel Wahrheit in der Lehre steckt, nach welcher die chemische Kraft nichts anderes ist, als die elektrische Kraft der Atome, wollen wir vor Allen einen Umstand hervorheben.

Wir haben bereits auf die Sonderbarkeit aufmerksam

gemacht, daß zwei chemische Urstoffe sich am heftigsten und schnellsten verbinden, wenn sie sich beide höchst unähnlich sind. Die Metalle haben sammt und sonders eine gewisse Aehnlichkeit mit einander. Kupfer, Zink, Silber, Gold, Eisen, Blei sind zwar in ihren Eigenschaften verschieden; aber in ihrer wesentlichsten Natur sind sie doch sehr nahe verwandt. Gleichviel haben sie nicht die mindeste Neigung, sich chemisch zu verbinden. Nun giebt es gewiß nichts Unähnlicheres in der Welt als Sauerstoff und Eisen und gleichwol ist ihre Neigung zur Verbindung sehr stark, wie überhaupt die Neigung sämmtlicher Metalle sich mit Sauerstoff zu verbinden bedeutend ist. Ganz dasselbe zeigt sich, wenn man diejenigen Stoffe betrachtet, die ihrer Natur nach dem Sauerstoff ähnlich sind, wie z. B. Chlor, Brom, Jod und Fluor, trotzdem haben sie nicht das Bestreben sich mit dem Sauerstoff zu verbinden; im Gegentheil, sie ersetzen unter gewissen Umständen oft den Sauerstoff, wenn er sich mit einem Metall verbunden hat und füllen so seine Stelle aus. —

Hieraus aber und aus einer ganzen Reihe mannigfaltiger Versuche und Betrachtungen geht mit aller Bestimmtheit hervor, daß die chemische Neigung zweier Stoffe zu einander immer stärker ist, je weniger sie sich in ihrer Natur gleich sind.

Vergleicht man dies aber mit der Elektrizität, so findet man hier ein ganz ähnliches Verhältniß. Ein Kügelchen mit positiver Elektrizität geladen zieht ein zweites Kügelchen mit negativer Elektrizität geladen an, das Ungleiche hat eine Neigung zu einander und sucht sich auf. Dahingegen stößt die gleiche Elektrizität sowol positive wie negative in zwei Kügelchen sich gegenseitig ab. Das Gleiche flieht sich und verbindet sich nicht mit einander.

Nimmt man nun an, daß alle sechzig Urstoffe, wenn

sich zwei und zwei von ihnen berühren, verschiedenartig stark elektrisch werden, so hat man damit die meisten Räthsel der Chemie gelöst.

Wenn sich zum Beispiel ein Atom Sauerstoff und ein Atom Kalium nahe kommen, so braucht man sich nur zu denken, daß es ihnen so ergeht, wie wenn Zink zu Kupfer gebracht wird. Das Atom Sauerstoff wird negativ-elektrisch und das Atom Kalium wird positiv-elektrisch. Sie gleichen hierin zwei Kügelchen, die immerfort entgegengesetzte Elektrizität besitzen und darum ziehen sie sich an und halten sich fest. Sauerstoff und Kalium bringen bei ihrer Berührung die allerstärkste Trennung der Elektrizität hervor, und darum ist die Neigung sich zu verbinden bei ihnen die allerstärkste, die man in der Chemie findet. Will man nun die stärkste Verbindung hervorbringen, so braucht man nur ein Stückchen reines Kalium-Metall an die Luft zu bringen. Es entsteht sofort die heftigste Vereinigung der beiden Stoffe, weil sie bei ihrer gegenseitigen Berührung am stärksten die elektrische Trennung bewerkstelligen.

Sauerstoff mit Natrium-Metall macht es ebenso; aber nicht so heftig. Ein Atom Sauerstoff und ein Atom Natrium bilden nicht einen so starken elektrischen Gegensatz mehr. Das Natrium ist nicht so sehr positiv-elektrisch wie das Kalium. Sauerstoff und Eisen haben auch bei ihrer Berührung entgegengesetzte Elektrizität, aber schon eine bedeutend schwächere; deshalb verbindet sich zwar Sauerstoff mit Eisen, aber nicht so schnell und energisch. Eisen also ist weniger positiv-elektrisch als Natrium. — In dieser Weise nun kann man alle sechzig Urstoffe in eine Stufenreihe bringen, deren erstes Glied Sauerstoff ist als das negativste und deren letztes Glied Kalium ist als das positivste, und man hätte so die Neigung der

Stoffe sich zu verbinden und die verschiedenen Grade dieser Neigung vollständig erklärt, ohne eine andere Kraft zu Hilfe zu rufen als die elektrische Kraft, deren Dasein wir gar nicht bestreiten können.

Wir werden nun zeigen, wie durch diese Annahme nicht nur die chemischen Verbindungen, sondern auch die chemischen Lösungen sich leicht erklärlich und anschaulich machen lassen, vorerst aber wollen wir nur sagen, daß solch eine Stufenfolge, solch eine Anordnung der Stoffe, wie wir sie hier angedeutet haben, von den größten Naturforschern unserer Zeit aufgestellt worden ist und daß man diese mit ziemlicher Sicherheit auch als richtig annehmen kann; allein bis zur wirklichen unumstößlichen Feststellung ist man auch hier noch nicht gelangt, und namentlich deshalb nicht, weil sowol das elektrische wie das chemische Verhalten zweier Stoffe zu einander oft von besonderen Umständen abhängt, die eine Vergleichung mit andern Umständen sehr erschweren. Als Thatsache können wir nur das Eine anführen, daß zwar abweichende Ansichten über das geheime Wesen der Chemie obwalten, daß aber Niemand mehr die innigste Verbindung derselben mit dem Wesen der Elektrizität in Abrede zu stellen wagt.

XXXVII. Erklärung der chemischen Verbindungen und Trennungen nach der elektro-chemischen Lehre.

Mit derselben Leichtigkeit, mit welcher sich die einfache chemische Verbindung zweier Urstoffe erklären läßt, wenn man die Elektrizität als geheime Kraft betrachtet, welche diese bewirkt, mit eben so großer Leichtigkeit erklärt

sich aber auch jede chemische Zersetzung und jede chemische Verbindung höherer Ordnung.

Wir wollen dies wieder an dem bereits bekannten Beispiel zeigen, das wir schon öfter erwähnt haben. Wenn man ein Stückchen Kalium-Metall in ein Glas Wasser wirft, so entreißt das Kalium dem Wasser den Sauerstoff, so daß der Wasserstoff des Wassers in Blasen aus dem übrigen Wasser aufsteigt. Dieser Vorgang ist durch die elektrische Kraft sehr leicht zu bewerkstelligen. Nach den bereits im vorigen Abschnitt angegebenen Versuchen hat man gefunden, daß Kalium der elektrisch positivste aller Urstoffe, während Sauerstoff der negativste ist. Wasserstoff steht so ungefähr in der Mitte zwischen beiden. Im Vergleich mit Kalium ist jedoch Wasserstoff negativ-elektrisch. Bei der Bildung des Wassers hat sich freilich der negative Sauerstoff mit dem ihm gegenüber positiven Wasserstoff verbunden; sowie aber ein Ding hinzukommt, das so stark positiv ist wie Kalium, verläßt der negative Sauerstoff seinen bisherigen nur schwach positiven Gesellen und geht eine neue Verbindung mit dem stärker positiven ein. Gäbe es einen Stoff, der noch negativer elektrisch ist als Sauerstoff, so würde er, wenn er dazu gebracht würde, das Kalium anziehen und den Sauerstoff verdrängen.

In ähnlicher Weise kann man sich jeden chemischen Vorgang erklären, wo immer ein oder zwei hinzukommende Stoffe zu einer bereits fertigen Verbindung die bestehende chemische Anziehung aufheben und eine neue bewirken. In solchem Falle wirkt immer nur der stärkere elektrische Gegensatz zweier Stoffe gegen den schwächeren.

Woher aber, könnte man bei oberflächlicher Betrachtung fragen, woher kommt es, daß ein elektrischer Strom gerade oft eine Trennung einer chemischen Verbindung

hervorruft? Wir wissen, daß, wenn man die Pole einer starken galvanischen Säule in ein Glas Wasser bringt, sich das Wasser in seine Urbestandtheile zersetzt; daß die chemische Verbindung des Wassers aufgehoben wird und in geeigneten Apparaten gezeigt werden kann, wie die elektrische Strömung dem Wasser einerseits Sauerstoff und andererseits Wasserstoff entreißt. Wie, könnte der Uneingeweihte fragen, wenn die chemische Verbindung nur auf der Kraft der Elektrizität beruht, so müßte ja ein elektrischer Strom, durch das Wasser gehend, dieses nur noch fester verbinden und nicht die Verbindung stören?

Zur Beantwortung dieser Frage braucht man sich nur zu erinnern, daß die Pole einer galvanischen Säule entgegengesetzt elektrisch sind. Der Pol, der am Zink angebracht ist, besitzt positive Elektrizität; der Pol, der am Kupfer angebracht ist, besitzt negative. Nun aber besteht Wasser ebenfalls nur aus zwei entgegengesetzt elektrischen Atomen, die sich angezogen haben. Der negative Sauerstoff hat den positiven Wasserstoff angezogen. Bringt man nun beide Pole der Säule hinein, so zieht, wenn die galvanische Säule stark ist, also auch die Pole bedeutende elektrische Kraft besitzen, der positive Pol der Säule das negative Atom des Wassers an sich; während der negative Pol der Säule das positive Atom des Wassers anzieht. Es begiebt sich demnach der negative Sauerstoff zum positiven Pol und der positive Wasserstoff zum negativen Pol der Säule, wodurch die Trennung des Wassers bewirkt wird. —

Betrachtet man das, was hierbei vorgegangen ist, aufmerksamer, so sieht man ein, daß die stärkere Elektrizität der galvanischen Säule die schwächere Elektrizität, welche das Wasser bildete, aufgelöst hat. Das negative Atom Sauerstoff verließ darum das positive Atom Wasserstoff,

mit welchem es verbunden war, weil der Zinkpol der galvanischen Kette noch elektrisch positiver; und eben so verließ das positive Atom Wasserstoff das mit verbundene negative Atom Sauerstoff, weil es einen noch negativern Körper vorfand, zu dem es hingezogen wurde, nämlich den Kupferpol der galvanischen Säule.

Ganz wie es dem Wasser ergeht, so ergeht es allen chemischen Flüssigkeiten. In allen Fällen begiebt sich der positiv-elektrische Theil der Flüssigkeit zum negativen Pol und der negativ-elektrische Theil der Flüssigkeit zum positiven Pol der galvanischen Kette, und wenn diese Pole dazu eingerichtet werden, entsteht sogar eine wirkliche Ablagerung der chemisch aufgelösten Stoffe an den Polen der Säule, so daß man auf galvanischem Wege Gold, Silber, Kupfer oder sonst irgend welche Stoffe, die in Flüssigkeiten aufgelöst sind, an den betreffenden Polen der galvanischen Kette ansammeln kann.

Hierauf beruht eine der interessantesten Erfindungen der neueren Zeit, die Galvano-Plastik, welche wir unsern Lesern vorführen und so angeben wollen, daß Jedermann, dem es Vergnügen macht, eine Anleitung zu eigenen Versuchen derart erhalten wird. Eine solche Beschäftigung, die wenig Zeit, sehr wenig Mühe und auch nur sehr wenig Geld kostet, hat das Angenehme, daß man spielend dabei viel lernen kann und daß sie anregt zu weiterem Nachdenken und weiterem Forschen!

XXXVIII. Die Galvano-Plastik.

Nachdem man bereits lange wußte, daß alle chemischen Flüssigkeiten durch die Pole einer elektrischen Kette

derart zersetzt werden, daß der positive Bestandtheil der chemischen Flüssigkeit, wie etwa ein Metall, sich an den negativen Pol ansetzt, während der negative Bestandtheil der Flüssigkeit sich zum positiven Pol hin begiebt, kam zuerst der französische Naturforscher de la Rive im Jahre 1836 auf den Gedanken, daß man dadurch Metall-Niederschläge in beliebiger Form aus metallischen Auflösungen herstellen könnte.

Kurze Zeit darauf entdeckte Professor Jacoby in Petersburg, wie man diesen Umstand zu wichtigen praktischen Zwecken benutzen kann und nannte seine neue Entdeckung, die mit Recht viel Aufsehen machte: Galvano-Plastik. Ein Zweig der Galvano-Plastik ist die galvanische Versilberung und Vergoldung, die jetzt bereits so außerordentlich gebräuchlich ist, daß sie von vielen Tausenden mit Erfolg als Gewerbe betrieben wird.

Die Galvano-Plastik wird im Großen schon in so ausgedehntem Maße betrieben, daß man durch dieselbe riesige metallene Standbilder, die man sonst nur durch den Guß herstellen konnte, anfertigt; man kann sich aber einen Apparat im Kleinen herstellen, welcher eine eben so unterhaltende wie belehrende Beschäftigung gewährt.

Zu diesem Zwecke läßt man sich von einem gewöhnlichen Lampen-Zylinder ein Stück von ungefähr 3 Zoll Länge abschneiden und bindet über das eine offene Ende ein Stück Kalbsblase, so daß man einen Becher hat, dessen Boden aus Thierblase besteht. Ein paar Drähte, die man um den Becher bindet, richtet man so ein, daß man den Becher in ein gewöhnliches Bierglas hineinstellen kann, ohne daß er den Boden des Glases berührt, und daß er an den Drähten vom Rande des Glases getragen wird. Nun schüttet man in das Bierglas eine Auflösung von Kupfervitriol und in den Zylinder, der im Glase hängt,

Wasser, in welches man einige Tropfen Schwefelsäure gegossen hat. Sodann biegt man ein Stück Kupferdraht so, daß ein Ende desselben in das Bierglas taucht und das andere Ende in den Zylinder. Bringt man nun an dem Ende, das in den Zylinder getaucht wird, ein Stück Zink an, so entsteht ein elektrischer Strom an der Stelle, wo Zink und Kupfer sich berühren und dieser Strom, der durch die Flüssigkeit und die Thierblase wie durch den Draht zirkulirt, ist stark genug, um die Auflösung von Kupfervitriol, die im Bierglase ist, zu zersetzen und das in ihr enthaltene metallische Kupfer an den in die Flüssigkeit tauchenden Draht abzulagern.

Läßt man diesen Apparat ein paar Tage so stehen, so setzt sich an den Draht, der in das Bierglas hineinragt, all' das Kupfer an, das in der Auflösung von Kupfervitriol vorhanden ist. Bringt man aber an dem Draht irgend eine Form an, z. B. einen Abdruck einer Medaille in Wachs oder Stearin und überzieht den Abdruck mit einer feinen Schicht Graphit oder Bronze-Pulver, während man den Kupferdraht, so weit er in die Flüssigkeit taucht, mit Wachs überzieht, so legt sich das Kupfer aus der Auflösung an die Form an, und man erhält nach einigen Tagen einen außerordentlich getreuen Abklatsch der Medaille. —

Wer sich das Vergnügen bereiten will, solch einen Versuch anzustellen, der wird von selber auf einzelne Vortheile und beliebige Abänderungen in der Einrichtung kommen und wird sicherlich viel Gelegenheit zur Selbstbelehrung haben, wenn er die richtige Erklärung dieser interessanten Erscheinung sich merkt.

Diese Erklärung ist folgende.

Kupfervitriol ist eine chemische Verbindung von Schwefelsäure und Kupfer; es führt in der Wissenschaft den Namen

„schwefelsaures Kupferoxyd“ und ist bei jedem Droguisten zu haben. Dieses Salz von blauer Farbe kann man in Wasser auflösen und thut man dies, so hat man in dem blauen Wasser eigentlich Atome von Schwefel, von Sauerstoff und von Kupfer. Durch den Kupferdraht und durch das Zinkstück an dem einen Ende, das man in das schwach eingesäuerte Wasser eingetaucht hat und durch das zweite Ende Kupferdraht, das man in die Auflösung von Kupfervitriol taucht, wird ein elektrischer Strom erregt. Die Quelle dieser erregten elektrischen Strömung ist die Stelle, wo Zink und Kupfer sich berühren. Das Zink wird positiv-elektrisch und das Kupfer negativ-elektrisch. Da aber sowol das Zink wie das Kupfer in chemischen Flüssigkeiten sich befinden, so zieht das positive Zink den negativen Sauerstoff aus dem Wasser an und bildet mit der vorräthigen Schwefelsäure eine Verbindung, welche schwefelsaures Zink-Oxyd heißt, das sich im Wasser auflöst. Der Kupferdraht dagegen ist der negative Pol der Kette; da er sich aber in der Flüssigkeit, wo das Kupfer aufgelöst ist, befindet und diese Kupferatome positiv elektrisch sind, so werden sie von dem negativen Pol angezogen und bilden dort nach und nach metallisches Kupfer, das sich je nach den Formen, die man ihm bietet, ansetzt.

XXXIX. Von der galvanischen Versilberung.

Ganz auf demselben Prinzip wie die Galvano-Plastik beruht die galvanische Versilberung und Vergoldung, die im Großen so außerordentlich stark getrieben wird, daß andere Arten von Versilberungen und Vergoldungen fast ganz abgekommen sind. Es gewährt aber auch im Kleinen einen lehrreichen Genuß, sich solch einen Apparat selber

einzurichten und deshalb wollen wir hierzu die Anleitung geben, in der Hoffnung, daß Jeder, dem eine Beschäftigung derart Vergnügen macht, von selber hinter die kleinen Kunstgriffe und Verbesserungen kommen wird, wenn er nur aufmerksam den Vorgang betrachtet.

Um auf galvanischem Wege versilbern zu können, ist es nöthig, daß man eine Flüssigkeit herstelle, die hierzu anwendbar ist, und das ist eben nicht leicht. Wer sich das recht bequem machen will, der braucht nur ein viertel Loth Cyan-Silber zu kaufen, das hier in Berlin in allen Apotheken zu haben ist, welche Materialien für Daguerreotypisten liefern. Dieses Cyan-Silber schüttet man in ein Quart destillirtes Wasser, worin es sich auflöst und man hat somit die gewünschte Flüssigkeit, um ein Dutzend neusilberne Theelöffel recht stark zu versilbern. — Allein es ist sehr lehrreich, sich diese Flüssigkeit selber zu bereiten, denn bei dieser Gelegenheit hat man nicht nur Stoff zum Nachdenken, sondern auch zum Erkennen der chemischen Vorgänge aus e i g e n e r A n s c h a u u n g — und das ist immer die erfolgreichste und leichteste Art, sich in die Chemie einigermaßen hinein zu arbeiten.

Man nehme ein halbes Loth altes Silber und klopfe es mit einem Hammer so dünn, daß man es bequem mit einer Scheere zerschneiden kann. Die dünnen zerschnittenen Stückchen Silber thue man in ein Fläschchen und gieße reine Salpetersäure darauf. Je dünner das Silber geklopft ist, desto schneller löst sich dasselbe in der Salpetersäure auf. Wenn das Silber chemisch-reines war, so bleibt die Flüssigkeit weiß, war das Silber aber, wie das fast immer der Fall ist, mit Kupfer vermengt, so wird die Flüssigkeit blau-grün aussehen. Sobald das Silber vollständig aufgelöst ist, was oft erst in einigen Tagen der Fall ist, so schütte man die Flüssigkeit in ein Bierglas

und gieße ungefähr ein halbes Glas destillirtes Wasser dazu. Sodann schütte man in ein anderes Bierglas eine Hand voll Kochsalz und gieße ein halbes Glas Wasser darauf und warte bis das Salz sich aufgelöst hat. Wenn dies geschehen ist, so schütte man die Silberauflösung in das Salzwasser und man wird ein Schauspiel eigener Art haben.

Es wird sich nämlich jeder Tropfen Silberauflösung, der in's Salzwasser kommt, in eine Art käsige Flocken verwandeln und auch wie frischer weißer Käse zu Boden sinken. Hat man die ganze Silberauflösung hineingeschüttet, so warte man so lange, bis sich der sogenannte Käse völlig gesetzt hat, und das darüberstehende Wasser recht klar ist. Ist dies der Fall, so gieße man vorsichtig das Wasser fort und gebe Acht, daß man nichts von dem Käse fortschüttet, denn in diesem Käse eben steckt, wie wir sehen werden, das kostbare Silber.

Obgleich noch immer nicht die nöthige Flüssigkeit fertig ist, so wollen wir uns doch einmal umsehen, was denn eigentlich bisher mit dem Silber vorgegangen ist und die Verwandlungen, die man mit demselben vorgenommen, etwas genauer kennen lernen.

Das Silber hat sich in der Salpetersäure aufgelöst; aber nicht aufgelöst wie Zucker im Wasser, sondern die Auflösung ist eine chemische. Man kann sich hiervon durch folgenden Versuch überzeugen. Stellt man Zuckerwasser über Feuer oder in eine heiße Ofenröhre und läßt das Wasser verdampfen, so erhält man den Zucker wieder, wie er früher war. Thut man dasselbe mit der Salpetersäure, so erhält man nicht etwa das Silber wieder, sondern es zeigen sich Krystalle, die wie Salz aussehen und den Namen „salpetersaures Silberoxyd" führen. Das Silber nämlich hat aus der Salpetersäure Sauerstoff in

sich aufgenommen, und wurde Silberoxyd, oder wenn man einen bekannteren Namen dafür will, es wurde Silberrost. Dieses Silberoxyd aber hat sich in der übrigen Salpetersäure aufgelöst und wurde nun eine Art Salz. Durch Abdampfen der übrigen Salpetersäure kann man dies Salz, das wir Silbersalz nennen wollen, rein erhalten, und wenn man dieses schmilzt und erkälten läßt, so giebt es den bekannten Höllenstein, den man in der Medizin vielfach braucht.

Zu unserm Zweck ist das Herstellen des Silbersalzes nicht weiter nöthig, wir haben vielmehr das salpetersaure Silberoxyd sammt der überflüssigen Salpetersäure in eine Auflösung von Kochsalz geschüttet und daraus den weißen Käseniederschlag erhalten.

Hierbei ist Folgendes vorgegangen.

Das Kochsalz ist, wie wir wissen, ein chemisches Ding; es besteht nämlich aus einem Metall, das den Namen Natrium hat, und aus einer Luftart, die den Namen Chlor führt. Kochsalz heißt deshalb in der Wissenschaft Chlor-Natrium. In dem einen Glase also war Chlor und Natrium in Wasser aufgelöst; sobald man zu demselben salpetersaures Silber geschüttet, so geschieht augenblicklich eine Trennung der alten chemischen Verbindungen und es tritt eine neue ein. Das Natrium verläßt den Chlor und verbindet sich mit der Salpetersäure, dadurch wird einerseits das Silber und andrerseits das Chlor frei, und diese beiden Stoffe, die eben erst ihre Freiheit erlangt haben, besitzen gerade deshalb die heftigste Begierde, sich zu verbinden und bilden Chlor-Silber.

Und dies ist eben der weiße käsige Niederschlag, den wir haben entstehen sehen; er heißt Chlor-Silber.

XL. Von der Bereitung der Versilberungs-Flüssigkeit.

Das Chlor-Silber, das wir nun in der Form eines käsigen Niederschlages besitzen, muß noch weiter chemisch behandelt werden, um aus demselben die Flüssigkeit herzustellen, die zum Versilbern gebraucht werden kann. Wir wollen jedoch die Gelegenheit nicht vorübergehen lassen, ohne einen Blick seitwärts auf das zu werfern, was wir mit dem Wasser fortgeschüttet haben. Hat dies auch keinen reellen Werth für uns, so ist doch gut zu wissen, was man eigentlich unter Händen gehabt hat.

Das Wasser, das man abgegossen hat, bestand erstens aus dem Wasser, worin das salpetersaure Silber aufgelöst gewesen und zweitens aus dem hinzugegossenen Salzwasser. Nun aber enthält der käsige Niederschlag, den wir jetzt zurückbehalten haben, nur Chlor-Silber, das heißt nur Chlor, welches im Glas Salzwasser gewesen ist und Silber, welches im ersten Glase war. Im Salzwasser war aber außer Chlor noch Natrium, denn Kochsalz besteht aus Chlor und Natrium und im ersten Glase war außer Silber noch Salpetersäure enthalten. Es läßt sich also ohne weiteres einsehen, daß in dem Wasser, das wir fortgegossen haben, Natrium und Salpetersäure gewesen sein muß; da sich diese aber chemisch verbinden, so bilden sie salpetersaures Natron, welches in dem überschüssigen Wasser aufgelöst, für unsere Augen unmerklich ist. — Würde man dieses Wasser nicht fortgießen, sondern in einem Glase auffangen und über Feuer oder in einer heißen Ofenröhre verdampfen lassen, so würde man finden, daß wirklich eine Art Salz zurückbleibt, das dem Kochsalz durchaus nicht gleich, sondern von anderen Eigenschaften ist und weil es würfelartig aussieht „kubischer Salpeter" genannt wird.

Nunmehr wollen wir zum Chlor-Silber zurückkehren, das wir benutzen wollen.

Wir müssen mit demselben noch eine Operation vornehmen; aber wir rathen Jedem, der im Umgehen mit giftigen Dingen nicht recht Bescheid weiß, lieber in eine Apotheke zu gehen und das, was er zu thun hat, dort bewerkstelligen zu lassen. Man braucht hierzu nämlich einen Stoff, der äußerst giftig ist, da schon ein Krümelchen davon, das an eine wunde Stelle der Haut kommt, im Stande ist, den Tod herbeizuführen. Dieser Stoff heißt Cyan-Kalium.

Was Kalium ist, wissen unsere Leser bereits. Es ist ein Metall, welches so ungeheure Neigung hat, sich mit Sauerstoff zu verbinden, daß man es garnicht davor hüten kann. Dieses Metall geht auch eine Verbindung mit einem eigenthümlichen giftigen Gas ein, welches Cyan heißt, und eine Art Räthsel in der Chemie ist. Cyan nämlich besteht aus Kohlenstoff und Stickstoff, ist also ein zusammengesetzter Stoff und spielt ausnahmsweise in der Chemie die Rolle eines einfachen Stoffes und verbindet sich chemisch fast mit allen Metallen. Das Cyan hat große Neigung, sich mit Wasserstoff zu verbinden und bildet mit diesem die furchtbare Blausäure, deren Geruch schon tödtlich wirkt. Wir haben hier ein Beispiel, wie der unschädliche Kohlenstoff, der eben so unschädliche Stickstoff und der in jedem Glase Wasser massenweis von uns verschluckte Wasserstoff in chemischer Verbindung das furchtbarste Gift erzeugen, das man in der Welt kennt!

Das Cyan aber ist es, das wir brauchen, und zwar nimmt man zu einem halben Loth Silber etwa fünf Loth Cyan-Kalium. Dieses löst man in destillirtem Wasser auf und schüttet das Chlor-Silber hinein und man wird sofort sehen, wie nach einigem Schütteln das käsige Chlor-

Silber sich auflöst und man bald eine farblose Flüssigkeit vor sich hat, die nicht im Entferntesten durch ihr Ansehen verräth, daß hier so viele verschiedene Stoffe darin sind.

In dieser Flüssigkeit, die wir nun bald gebrauchen werden, sind nicht weniger als zwei Metalle vorhanden und außerdem noch zwei, eigentlich drei Stoffe. Erstens ist, wie wir wissen, Silber da; zweitens steckt auch Kalium darin, drittens befindet sich hier auch Chlor und endlich viertens Cyan, oder eigentlich viertens und fünftens: Kohlenstoff und Stickstoff.

Was aber machen diese vier oder gar fünf Stoffe darin?

Das wollen wir gleich sehen.

Das Cyan ist, wie wir wissen, früher mit dem Kalium verbunden gewesen. Nun ist Kalium der elektrisch positivste Stoff, den wir kennen und Chlor ist sehr negativ-elektrisch. Schüttet man daher das Chlor-Silber in die Lösung von Cyan-Kalium, so verbindet sich sofort das Chlor mit dem Kalium, während das Silber sich mit dem Cyan verbindet.

Wir haben also in dem Wasser erstens Cyan-Silber und zweitens Chlor-Kalium. Da dies aber beides Stoffe sind, welche sich im Wasser auflösen, ohne es zu färben, so kann man es dem Wasser garnicht anmerken, was in ihm steckt.

Und dieses Wasser eben ist die Flüssigkeit, die wir benutzen wollen. Man schütte nun noch etwa ein Quart destillirtes Wasser hinzu und bereite sich vor, zur Einrichtung des elektrischen Apparats zu gehen, bei dem wir im nächsten Abschnitt dem Liebhaber sogleich zur Hand sein wollen.

XLI. Einrichtung des Apparats zum Versilbern.

Die Einrichtung des Apparats zum Versilbern ist, wenn man sich's bequem machen will, höchst einfach. Man braucht nur denselben Apparat anzuwenden, den wir bereits bei der Galvano-Plastik beschrieben haben und zwar setzt man zu diesem Zweck den mit Thierblase umbundenen Zylinder wieder in ein Glas, das eine Portion Salzwasser enthält, während man in den Zylinder die Cyan-Silberflüssigkeit gießt. Will man nun etwas versilbern, zum Beispiel einen neusilbernen Theelöffel, so befestigt man diesen an einen Kupferdraht, der an seinem andern Ende an ein Stück Zink gelöthet ist. Das Stück Zink wird ins Salzwasser gesteckt und der Theelöffel in die Cyan-Silber-Lösung. Die elektrische Strömung beginnt nun sofort zu wirken; die Cyan-Silber-Lösung zersetzt sich chemisch und es legt sich das Silber in außerordentlich feiner Schicht sofort an das Neusilber, das hier der negative Pol ist, und überzieht so das Löffelchen, daß es nach einigen Stunden schon ganz silberweiß erscheint.

Wenn das Salzwasser wenig Salz enthält, so geht die Versilberung sehr langsam vor sich; aber sie ist dafür viel reiner und zarter. Am schönsten ist die Versilberung, wenn sie so langsam geschieht, daß 24 Stunden dazu nöthig sind, um eine gehörige Schicht herzustellen. Der versilberte Gegenstand hat dann ein weißes mattes Ansehen, nimmt aber durch Politur, namentlich durch Bearbeiten mit dem Polirstahl den schönen Silberglanz an, der diesem Metalle seinen besondern Werth giebt. Wer mit dem Poliren durch den Polirstahl nicht Bescheid weiß, erreicht auch seinen Zweck durch Putzen mit Schlemmkreide und etwas pariser Roth, obgleich dies nicht jenen tiefen Glanz hervorbringt, der am Silber so gern gesehen wird.

Zur Erklärung des Vorganges brauchen wir nur wenig zu sagen. Durch die Berührungsstelle des Kupferdrahtes und des Zinkes wird Elektrizität erzeugt. Das Zink wird positiv-elektrisch und der Kupferdraht negativ-elektrisch. Da nun der Theelöffel an den Kupferdraht befestigt ist, so wird auch dieser zum negativen Pol. Stellt man nun das Zink in das Salzwasser und den Löffel in die Cyan-Silber-Lösung, so zieht das positive Zink den negativen Bestandtheil aus dem Salzwasser, also das Chlor an sich und bildet Chlor-Zink, für das wir uns beim Versilbern nicht weiter interessiren. Der Theelöffel dagegen, der negativ-elektrisch ist, zieht aus der Cyan-Silber-Lösung den positiven Bestandtheil an, und dies ist das Silber, woher dann die Silberschicht rührt, welche sich auf dem Löffel anlegt.

Diese Art zu versilbern ist sehr einfach und gewährt viel Vergnügen; aber wir rathen jedem Liebhaber zu einer Erweiterung des Apparats, welche sehr viel Interessantes an sich hat und wobei man eine neue Erscheinung kennen lernen wird.

Die Erweiterung besteht in Folgendem:

Man fülle den bewußten Zylinder mit Kupfervitriol und stelle ein Stück Kupferblech hinein. Das Glas fülle man mit Wasser, worin man drei bis vier Tropfen Schwefelsäure geschüttet, stelle den Zylinder in das Glas und thue in das Glas ein Stück Zink. An dieses Stück Zink und ebenso an das Stück Kupferblech befestige man einen dünnen Kupferdraht von beliebiger Länge, so daß man die Enden beider Drähte, die die Pole eines galvanischen Apparats sind, beliebig in ein geeignetes Gefäß eintauchen kann, worin man die Versilberung vornehmen will.

Nehmen wir an, daß man einen neusilbernen Eßlöffel versilbern will, so schüttet man die Cyan-Silber-Lösung

in ein Gefäß, worin der Löffel bequem liegen oder hängen kann, ohne aus der Lösung hervorzuragen. Der Löffel wird nun an dem einen Kupferdraht befestigt, der an dem Kupfer des galvanischen Apparats angelöthet ist, also am negativen Pol. An dem positiven Pol des Apparats aber befestige man ein beliebiges Stück reines Silber und nun stelle man beides, den Löffel, der sich versilbern soll und das Stück Silber in die Cyan-Silber-Flüssigkeit, jedoch so, daß sie sich nicht berühren.

Auch hier geht die Versilberung wie bei der obigen Einrichtung vor sich; allein es geschieht noch ein zweites dabei, das höchst interessant ist. Während bei der obigen Einrichtung die Cyan-Silber-Lösung fortwährend schwächer wird, je mehr Silber sich an dem Löffel abgelagert hat, ist es bei dieser Einrichtung nicht der Fall. Die Lösung bleibt unendliche Zeiten immer in derselben Stärke, ohne daß sie erneuert wird. In großen Versilberungsanstalten in Berlin erhält man in solcher Weise die Lösung monatelang in gutem Zustande, ohne daß man sie zu erneuern braucht.

Wie aber geht dies zu?

Die Sache ist ganz einfach. Am negativen Pol setzt sich aus dem Cyan-Silber das Silber ab, weil das Silber positiv-elektrisch ist. Nun ist aber Cyan negativ-elektrisch und dies wird vom positiven Pol angezogen. Da nun am positiven Pol ein Stück Silber steckt, so kommt hier Cyan zum Silber und es bildet sich da netto so viel Cyan-Silber, wie am negativen Pol zerlegt wird. Das Stück Silber am positiven Pol wird auch dadurch aufgezehrt und muß daher ersetzt werden. Thut man dies aber, und nimmt man es nur groß genug, so zehrt sich am positiven Pol netto so viel ab, wie sich am negativen Pol ansetzt. Mit Recht also kann man sagen, daß der

elektrische Strom eine Wanderung des Silbers vom positiven zum negativen Pol hervorbringt. Und dies zu beobachten ist ebenso interessant wie lehrreich.

XLII. Etwas von der galvanischen Vergoldung.

Manchem denkenden Leser, der in der Chemie nicht Bescheid weiß, möchte sich leicht die Frage aufdrängen, wozu stellt man bei der galvanischen Versilberung erst Cyan-Silber her, weshalb benutzt man nicht die salpetersaure Silberauflösung zu demselben Zweck? Die salpetersaure Silberauflösung läßt sich ja mit Wasser verdünnen und so hätte man ja bereits eine wässerige Flüssigkeit, worin der eine Stoff, das Silber, positiv-elektrisch und der andere, die Salpetersäure, negativ-elektrisch ist; warum steckt man nicht die Pole eines galvanischen Apparats in die Lösung und läßt die Versilberung in dieser vor sich gehen?

Die Antwort hierauf ist folgende.

Die Salpetersäure, welche Silber auflöst und sich dabei mit demselben verbindet, hat noch größere Neigung, sich mit Kupfer zu verbinden, und wollte man die Pole des galvanischen Apparats in die salpetersaure Silberlösung stecken, so würde man statt der Versilberung eine ganz andere Geschichte hervorbringen. — Wer Gelegenheit dazu hat, der mache sich das Vergnügen einmal, in ein wenig Auflösung von salpetersaurem Silber ein Streifchen Kupferblech hineinzustellen und er wird ein Schauspiel eigener Art vor sich sehen, das ihn mehr belehren wird als viele Worte es vermögen. Vor seinen Augen nämlich wird sich in der hellen klaren Flüssigkeit an dem blanken

Kupferstreifen eine Art Pelz anlegen und immerzu wachsen, während die Flüssigkeit blaugrün wird. Schüttelt man den Kupferstreifen, so fällt der Pelz ab und es legt sich dann ein neuer an, bis endlich eine ziemliche Masse dieses Pelzes sich sammelt und zu Boden fällt, worauf dann diese Erscheinung aufhört.

Was aber ist hier eigentlich vorgegangen?

Der Vorgang ist einfach folgender.

Kupfer ist zwar, wie wir schon wissen, gegen Zink negativ-elektrisch, allein im Vergleich mit Silber ist es ein wenig positiver-elektrisch als das Silber. Steckt man nun den Kupferstreifen in die salpetersaure Silber-Flüssigkeit, so verdrängt das positivere Kupfer das weniger positive Silber. Es verbindet sich daher die Salpetersäure mit dem Kupfer, und wo bleibt das Silber? Es wird verdrängt aus der Verbindung und tritt als feine Stäubchen wieder metallisch auf und zwar legt es sich als Pelz an den Kupferstreifen. Es wird demnach aus der wasserhellen salpetersauren Silberauflösung eine blaugrüne salpetersaure Kupferauflösung und das Silber fällt in feinen Stäubchen zu Boden. Beiläufig wollen wir hier nur erwähnen, daß man in dieser Weise das Silber sammeln, waschen und reinigen kann, so daß man es nachher zwar nicht in Stücken, aber doch in Pulverform wieder hat, ohne daß dessen Werth irgendwie verloren hätte.

Es wird nun Jeder einsehen, daß man die salpetersaure Silberlösung nicht zum Versilbern anwenden kann, weil die Kupferdrähte des galvanischen Apparats, wenn sie in diese Flüssigkeit eingetaucht werden, das Silber verdrängen und als Pulver zu Boden fallen ließen. Dieserhalb muß man erst das Cyan-Silber herstellen.

Die Vergoldung ist eigentlich noch interessanter als die Versilberung, weil der vergoldete Gegenstand nicht

polirt zu werden braucht, sondern durch leises Putzen schon den schönsten Glanz erhält. Auch muß man nicht glauben, daß die Vergoldung theuer ist. Man kann mit für einen Thaler Gold eine Unmasse von Schmucksachen auf's schönste vergolden. Zu diesem Zweck wirft man ein Stückchen reines Dukatengold in „Königswasser", das ist eine in jeder Apotheke käufliche Mischung von Salzsäure und Salpetersäure. In dieser Flüssigkeit löst sich das Gold auf und wenn man dann die Flüssigkeit abdampft, so bleibt ein Salz von feinen gelben Stäubchen zurück, welche Chlorgold sind, denn Salzsäure besteht aus Chlor und Wasserstoff, und das Gold geht bei der Auflösung eine Verbindung mit dem Chlor ein. Das Chlorgold wird nun in destillirtem Wasser aufgelöst und tropfenweise in eine Cyan-Kalium-Lösung geschüttet, wodurch die eigentlich zu brauchende Flüssigkeit entsteht, nämlich die Cyan-Gold-Flüssigkeit.

Diese Flüssigkeit, die man auch in einer Apotheke oder von einem Chemiker machen lassen kann, weil es nicht gerathen ist, daß Unerfahrene die Zubereitung vornehmen, besteht am besten so, daß man auf einen Theil Gold zehn Theile Cyan-Kalium und hundert Theile destillirtes Wasser anwendet. Beim Vergolden verfährt man eben so wie bei dem Versilbern, und hängt man an den negativen Pol den zu vergoldenden Gegenstand und an den positiven Pol ein Stückchen echtes Blattgold, so behält die Flüssigkeit immerfort ihre Kraft und es wandert auch hier das Gold vom positiven zum negativen Pol hin.

XLIII. Merkwürdige neue Versuche.

Die Versuche, durch Elektrizität chemische Wirkungen hervorzubringen, welche in neuester Zeit in Paris angestellt worden sind, haben ein so auffallendes Resultat geliefert, daß sie fast wie eine Fabel klingen, weshalb wir die berühmten Namen der Forscher hier nennen müssen, um nicht bei einzelnen Lesern in den Verdacht zu verfallen, daß wir ihnen ein Märchen aufbinden wollen.

Der englische Naturforscher Davy, dem die Wissenschaft ganz außerordentliche Erfolge verdankt, hat Versuche angestellt, ob der elektrische Strom im Stande ist, die chemischen Stoffe aus dem eignen Körper des Naturforschers in gleicher Weise zu zersetzen, wie dies in leitenden Flüssigkeiten der Fall ist. Er ging von dem Gedanken aus, daß eben so gut wie an den zwei Polen eines galvanischen Apparats, die ins Wasser getaucht sind, der positive Theil des Wassers an den negativen Pol hingeht, während der negative Theil des Wassers an den positiven Pol sich hinbegiebt, daß dies eben so gut der Fall sein müsse, wenn er einen galvanischen Apparat auf die chemischen Bestandtheile seines Körpers einwirken lasse. Und wirklich gelang es ihm durch genaue Forschungen nachzuweisen, daß dem so ist. Nach Davys Versuchen läßt sich aus dem Körper eines Menschen sowol Phosphorsäure wie Schwefelsäure und Salzsäure durch den galvanischen Strom ausscheiden. —

Diese Entdeckung führte zu weiteren Versuchen, welche Becquerel und Fabré-Palaprat in Paris anstellten und die noch auffallendere Resultate lieferten. Der hauptsächlichste dieser Versuche ist folgender.

Es ist nämlich eine allen Chemikern ganz bekannte Thatsache, daß wenn der chemische Stoff Jod zu irgend

einer Art von Stärkemehl gebracht wird, dies sofort eine blaue Farbe annimmt. Diese Eigenschaft ist so auffallend, daß man dadurch die leisesten Spuren von Jod sofort entdecken kann, wenn man nur ein wenig Stärkemehl zur Hand hat.

Die genannten Forscher haben nun folgenden Versuch angestellt. Es wurden beide Arme eines Menschen vollkommen trocken gemacht, damit die Haut nicht die Elektrizität leiten solle. Sodann wurde auf den einen Arm ein feuchtes Pflaster gelegt, das mit Jod-Kalium getränkt war, das heißt mit einer Auflösung eines bekannten Salzes, das aus einer chemischen Verbindung von Jod und Kalium besteht. Auf den andern Arm brachte man ein Pflaster, das in gewöhnlichen Kleister, also in eine Stärkemehl-Auflösung getaucht war. Nunmehr brachte man an den ersten Arm den negativen Pol eines galvanischen Apparats, während man dessen positiven Pol an das Kleisterpflaster brachte; und schon nach wenigen Minuten wurde das Kleisterpflaster blau!

Woher kam dies?

Auf keinem andern Wege, als daß der elektrische Strom das Jod-Kalium in seine Bestandtheile zerlegte. Kalium, das positiv-elektrisch ist, blieb an dem negativen Pol und Jod, welches negativ-elektrisch ist, ging durch den Körper des Menschen in wenigen Minuten zum positiven Pol und färbte das dort befindliche Kleisterpflaster blau.

Dies heißt aber nichts weniger, als daß es gelungen ist, einen Stoff, einen wirklichen Stoff auf dem Wege des elektrischen Stromes durch den Körper eines Menschen hindurch zu transportiren!

Freilich kann uns das nicht Wunder nehmen, da wir gesehen haben, daß bei der Versilberung das Silber am

positiven Pol sich abzehrt und nach dem negativen Pol hinbegiebt. Und wäre das Gefäß eine Meile lang und die beiden Pole ständen an beiden Enden des Gefäßes, es wäre doch dasselbe. Es würde das Silber die Meile weit wandern. Ja, es giebt keine Grenze der Entfernung für diese Kraft; denn es steht fest, daß eine Silberplatte, welche man in Berlin in einem Versilberungsapparat an den positiven Pol hängte, sich auflösen und daß das Silber bis nach Paris wandern würde, wenn der Versilberungsapparat so lang wäre und seinen negativen Pol dort hätte. Es ist also das Transportiren, das wirkliche Transportiren auf elektrisch-chemischem Wege keineswegs neu. Jedoch durch den menschlichen Körper hindurch diesen Transport gehen lassen, das ist eben so neu wie auffallend und verdient nach allen Seiten hin die größte Aufmerksamkeit!

In noch höherem Maße interessant ist ein weiterer Versuch Davys. Er stellte drei Gläser auf den Tisch. In das eine Glas goß er reines destillirtes Wasser; in das zweite Glas goß er eine schwache Ammoniak-Lösung und in das dritte eine Auflösung von schwefelsaurem Natron, das ist das bekannte Glaubersalz. Die drei Gläser wurden durch feine Asbestdochte verbunden, so daß ein elektrischer Strom von Glas zu Glas wandern konnte. Nun brachte er den positiven Pol einer starken voltaischen Säule von 150 Plattenpaaren in das reine Wasser, den negativen Pol tauchte er in das Glaubersalz, und schon nach fünf Minuten entdeckte man, daß in dem Glase, worin früher reines Wasser war, jetzt Schwefelsäure sei. Der elektrische Strom hatte das schwefelsaure Natron zersetzt, das positive Natron blieb beim negativen Pol und die negative Schwefelsäure ging hinüber in das Glas Wasser, wo der positive Pol steckte.

Das Wunderbare hierbei ist, daß die Schwefelsäure ihren Transport durch das Glas mit Ammoniak nehmen mußte und nehmen konnte, obgleich das Ammoniak die Schwefelsäure sonst sehr stark bindet.

XLIV. Giebt es viele geheime Kräfte?

Wir haben nunmehr in einer langen Reihe von Abschnitten über die geheimen Kräfte der Natur und auch zugleich von ihrer praktischen Anwendung gesprochen. Jetzt wollen wir nur noch in wenigen Worten einen Rückblick auf diese Kräfte werfen, um sodann mit einer Betrachtung über die Geheimnisse der Natur das Thema zu beschließen.

Es giebt noch Vieles, das der Naturwissenschaft ein Geheimniß ist. Wir fühlen z. B. die Wärme und sehen das Licht, ja wir sind im Stande, Wärme und Licht künstlich zu erzeugen. Gleichwol ist die Wissenschaft über das eine wie über das andere im Dunkeln. Man hat der Natur die Gesetze abgelauscht, wie Wärme und Licht entstehen, wie sie zurückstrahlen, in welcher Weise man sie auffangen, ablenken kann; allein der menschliche Scharfsinn ist noch nicht soweit gelangt über das Wesen des Lichtes und der Wärme einen genügenden Aufschluß zu geben.

In unserer Betrachtung der geheimen Kräfte der Natur haben wir nun eigentlich über Licht und Wärme nicht gesprochen, wir haben uns vielmehr begnügt, nur von jenen Kräften zu sprechen, die allen Dingen in der Welt eigen sind, von den Kräften, die so zu sagen die untrennbaren Eigenschaften der Materie sind, was bei Licht und Wärme nicht sicher der Fall ist.

Aber überblicken wir nur diejenigen Kräfte, welche

wir hier betrachtet haben, so drängen sich unserem Geiste eigenthümliche Betrachtungen auf.

Nehmen wir das kleinste Sandkörnchen, über das unser Fuß verächtlich hinwegschreitet, so müssen wir bei Betrachtung desselben sagen, daß dieses ein großes Kunstgebäude ist, worin eine ganze Reihe von geheimen Kräften wohnt. Ein Sandkörnchen läßt sich nicht leicht zerdrücken und zertheilen, folglich müssen die Atome desselben sich festhalten, folglich muß eine Anziehungskraft in ihm thätig sein. In der Wärme dehnt sich solch ein Körnchen auch aus, folglich muß auch eine Abstoßungskraft in ihm wohnen, die unter Umständen in Wirksamkeit tritt. Solch ein Sandkörnchen übt ohne allen Zweifel auch eine Anziehungskraft in der Entfernung aus, die der Anziehungskraft der Erde, wie der anderen Himmelskörper ganz ähnlich ist, wenn sie auch unendlich schwach gegen diese Kräfte genannt werden kann. Wir müssen also auch sagen, es wohne in diesem Körnchen noch eine besondere Kraft, die Kraft der Massenanziehung.

Seitdem man die Entdeckung gemacht hat, daß nicht Eisen allein magnetisch ist, sondern daß sich Magnetismus fast in allen gründlich untersuchten Stoffen zeige, muß man auch zugeben, daß in demselben Sandkörnchen noch eine andere geheime Kraft neben den übrigen Kräften Platz hat, welche Magnetismus heißt.

Es verräth aber auch solch ein Sandkörnchen elektrische Erscheinungen; und man ist genöthigt anzunehmen, daß sogar noch eine besondere Kraft, die Elektrizität, ihren verborgenen Sitz in diesem engen Raum aufgeschlagen hat.

Endlich ist jedes Sandkörnchen schon ein chemisch zusammengesetzter Körper und nothgedrungen müssen wir daraus schließen, daß auch die chemische Kraft noch in

dem engen Behälter wohne und ihr eigenthümliches Wesen darin treibe.

Und wie es uns mit dem kleinsten Sandkörnchen geht, so geht es uns mit all' und jedem Ding, das wir um uns sehen. Alles ist der Sitz einer Reihe von Kräften, deren Wirksamkeit wir nicht leugnen, deren Wesen aber wir doch nicht ergründen können.

Wollen wir uns auch nicht in die philosophischen Fragen verlieren, die unendlich scharfsinnige Köpfe vergeblich beschäftigt haben, wollen wir auch nicht fragen: was ist denn eigentlich Kraft? was ist denn eigentlich Materie, in welcher die Kraft wohnen soll? Existirt die Kraft auch außerhalb der Materie? oder giebt es vielleicht gar keine Materie, sondern nur Kräfte, die auf unsere Sinne den Eindruck der Materie machen? Wollen wir auch solche Fragen ganz von uns weisen, weil wir ernstlich glauben, daß das jetzige Erkenntniß-Vermögen der Menschen nicht ausreicht, sie zu beantworten — so müssen wir doch die eine Frage in Betracht ziehen, ob diese für unsere Wahrnehmung getrennten Kräfte, welche wir hier vorgeführt haben, wirklich verschiedene getrennte Kräfte sind, oder ob sie alle nur Aeußerungen einer großen allgemeinen Kraft sind, die wir noch nicht erforscht haben?

Wir können auf diese Frage keineswegs eine zuverlässige Antwort geben; aber es sind Anzeichen vorhanden, daß wirklich die genannten Kräfte alle von einer einzigen Kraft herstammen.

Die Anziehungskraft der Atome hat viele Aehnlichkeit mit der Anziehungskraft der Massen. Die Anziehungskraft der Massen äußert sich ganz nach demselben Gesetz wie die Anziehungskraft des Magneten. Die magnetische Kraft kann durch Elektrizität erzeugt werden und Elektrizität ist höchst wahrscheinlich die Quelle aller chemischen

Erscheinungen. — Dieses aber deutet darauf hin, daß eine Einheit der Kräfte irgendwie vorhanden ist und daß die nächste bedeutende Stufe der Naturwissenschaft die sein wird, wo es dieser gelingt, jene Einheit nachzuweisen.

An Versuchen derart hat es nicht gefehlt; als der sinnreichste derselben erscheint uns eine Arbeit des Professor Pohl in Breslau, der in sehr scharfsinniger Weise den Elektromagnetismus als die Quelle der Bewegungen der Himmelskörper annimmt; allein erschöpfend ist diese Arbeit keineswegs und wir glauben auch, daß es erst noch vieler bedeutenden neuen Entdeckungen bedarf, ehe man an eine solche Arbeit mit Erfolg wird gehen können.

XLV. Schlußbetrachtung.

So sicher wir auch ahnen, daß die von uns betrachteten geheimen Kräfte der Natur nur die verschiedenen Aeußerungen einer einzigen uns noch unbekannten Naturkraft sind, so sehr jedoch müssen wir davor warnen, diese Gesammtkraft auf anderem Wege zu suchen, als auf dem der Beobachtung der Natur und der weiteren Erforschung ihrer bisher entdeckten Gesetze.

Niemals ist die Wissenschaft in tiefere Irrthümer gerathen, als wenn Denker sich eingebildet haben, durch reine Spekulation ihrer Vernunft hinter die Triebfedern der Welt und der Dinge zu kommen; und nirgend hat sich die Wissenschaft früher aus diesen Irrthümern aufgerafft, als bis die getreue fleißige Beobachtung der Natur sich geltend machte und die klügelnden Menschen belehrte, daß sie vor Allem die Welt, wie sie erscheint, kennen zu lernen haben, bevor sie an die Frage gehen: „was die Welt im Innersten zusammenhält.“

Wollte man einmal zusammenstellen, was die größten Philosophen der Welt von Aristoteles bis auf Hegel für Unsinn über die Natur ans Tageslicht gebracht haben, der für Naturphilosophie gelten sollte, so würde man das lustigste und zugleich traurigste Bild von den Irrthümern des menschlichen Geistes vor sich haben; aber es ist doch eine solche Zusammenstellung eine Wohlthat, um dadurch von Spekulationen abzuschrecken, die ohne die genaueste Kenntniß der Natur über dieselbe angestellt werden. Hat ja Hegel, der große Hegel zum Beginn seiner Laufbahn noch den Beweis geführt, weshalb es sieben Planeten geben müsse, und wie sie mit den sieben Farben und den sieben Tönen zusammenhängen. Als später noch bei seinen Lebzeiten elf Planeten gesehen wurden, hat er sich eine Philosophie zurecht gelegt, in die auch die elf hineinpaßten; würde er jetzt noch leben, so wäre er genöthigt, nochmals seine Pläne über die Welt zu ändern und sein System so einzurichten, daß die bis jetzt entdeckten Planeten, die die Zahl vierzig schon übersteigen, darin ihren Platz finden!

Geistesirrthümer dieser Art sind ein gutes Warnungszeichen, daß der Denker nicht all' zu kühn hinausgreife in ein Gebiet, das erst nach und nach und mit der allerernstlichsten Sorgfalt der Beobachtung errungen werden kann, und sich nicht einbilde, Geheimnisse zu erforschen, welche vielleicht erst unsere Enkel oder gar die spätesten Nachkommen zu erforschen im Stande sein werden.

Wer es indessen liebt, über die geheimen Kräfte der Natur nachzusinnen und dem Reiz nicht widerstehen kann, der in dem Vertiefen in diese Beschäftigung liegt, der mag eines nicht unbeachtet lassen, das ihn Bescheidenheit lehren wird; und das eine ist die Betrachtung, mit welcher wir unser Thema begonnen haben.

Er vergesse nicht, daß wir die gesammte Natur nur

durch unsere fünf Sinne wahrnehmen; daß wir von Allem, was sich unseren fünf Sinnen nicht verräth, nicht die leiseste Ahnung haben und haben können; daß aber die wirkliche Natur schwerlich so beschränkt eingerichtet ist, daß nichts in ihr existirt, was wir nicht wahrzunehmen im Stande sind. Wir Menschen sind von Jugend auf gewöhnt, die ganze Welt so anzusehen, als ob sie nur für uns existirte. Wir nennen Pflanzen, die wir nicht essen oder brauchen: Unkraut; Gegenden, wo wir nicht leben können: Wildniß; wir suchen an allen Dingen die Seite auf, die eine Beziehung zu uns hat und vergessen dabei, daß es nicht die Wahrheit der Natur, sondern unsere Selbstliebe ist, die uns solch ein Aburteilen der Welt außer uns eingiebt. Ganz in demselben Maße aber verfahren noch leider die allergescheitesten Menschen mit der Erkenntniß der Natur. Sie vergessen oder fassen den Gedanken nicht, daß in der Natur ohne Zweifel unendlich viele Erscheinungen vorhanden sind, welche für uns nicht existiren, weil uns die Sinne fehlen, durch welche wir sie in uns zur Wahrnehmung bringen können. Sie bedenken nicht, daß wahrscheinlich nur ein sehr kleiner Theil der Natur uns zur Erkenntniß kommt, und nur soweit zur Erkenntniß kommt, soweit uns unsere fünf Sinne einen Eindruck derselben verschaffen, daß also der allergrößte Theil der Natur für uns ein ewig verschlossenes Geheimniß ist, das wir direkt niemals entsiegeln werden.

Die Naturwissenschaft hat aber gleichwol auf ihrem Wege, dem Wege der strengen Beobachtung einzelnen Spuren der Geheimnisse der Natur nachzufolgen versucht und in vielen Beziehungen ist ihr Bemühen mit Erfolg gekrönt worden. Was wir in den vorstehenden Abschnitten unsern Lesern in flüchtigen Umrissen mitgetheilt haben, ist freilich nur gering im Vergleich mit der Aufgabe, die sich